

Suomalaisen kaupunkiliikenteen sosiotekninen muutos: tarkastelussa mobility as a service ja liikenteen automaatio

Matti Pönkänen

790351A

LuK-seminaari ja -tutkielma

Maantieteen tutkimusyksikkö

Oulun yliopisto

06.12.2019

| | | | |
|--|--|-----------------------------------|---------------------------------|
| Yksikkö: Maantieteen tutkimusyksikkö | | Pääaine: Maantiede | |
| Tekijä (Sukunimi ja etunimet, myös entinen sukunimi): Pönkänen Matti | | Opiskelija-numero: 2547985 | Tutkielman sivumäärä: 40 |
| Tutkielman nimi: Suomalaisen kaupunkiliikenteen sosiotekninen muutos: tarkastelussa mobility as a service ja liikenteen automaatio | | | |
| Asiasanat: liikkuminen palveluna, liikenteen automaatio, kaupunkisuunnittelu, innovaatiotutkimus, tietoyhteiskunta | | | |
| <p>Tiivistelmä:</p> <p>Tämän tutkielman tarkoituksena on käsitellä liikenteen ja informaatioteknologian välille syntyvää yhteyttä sekä sen ansiosta tapahtuvaa liikenteen muutosta. Muutoksen on katsottu synnyttävän entistä älykkäämpiä liikennejärjestelmiä. Kiihtyvän kaupungistumisprosessin takia on noussut useita huolenaiheita siitä, miten muuttovoittoiset kaupunkialueet tulevat kasvavan ihmismassan alla pysymään funktionaalisina sekä ympäristön näkökulmasta terveellisinä. Liikenteen toimivuudella tulee olemaan entistä merkittävämpi rooli ruuhkaisten kaupunkiympäristöjen maankäytössä. Älykkäät liikennejärjestelmät esittävät mahdollisuuden sujuvoittaa kaupunkialueiden liikkuvuutta sekä samalla pienentää sen päästöjä.</p> <p>Tarkastelun kohteena tutkielmassa ovat liikkuminen palveluna (engl. mobility as a service) sekä automatisoidut toisiinsa kytkeytyvät kulkuneuvot (engl. connected automated vehicles). Ilmiöihin perehdytään erityisesti suomalaisen liikenteen näkökulmasta, mutta myös muita esimerkkejä maailmalta on nostettu esille. Tutkielman viitekehyksenä toimivat tietoyhteiskunnan kontekstiin liittyvät, informaatioteknologiaa hyödyntävät innovaatiot. Innovaatioiden yhteiskunnallista vaikutusta liikenteen järjestelmään tarkastellaan aluekehityksen ja -politiikan näkökulmasta. Näkökulmassa on hyödynnetty Frank Geelsin sosioteknisen muutoksen mallia, jonka avulla tarkastellaan, onko kaupunkiliikenteen muutos tapahtumassa. Myös älykkäiden liikennejärjestelmien mahdollisuuksia ja haasteita punnitaan sekä visioidaan suomalaisen kaupunkiliikenteen tulevaisuutta.</p> | | | |
| Muita tietoja: | | | |
| Päiväys: | | 06.12.2019 | |

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|----|
| LYHENTEET | 4 |
| 1. JOHDANTO | 5 |
| 2. KÄSITTEET | 7 |
| 2.1 Tietoyhteiskunta..... | 7 |
| 2.2 ODD-toimintaympäristöt..... | 10 |
| 2.3 Sosiotekninen järjestelmä..... | 10 |
| 3. LIIKENTEEN SOSIOTEKNINEN MUUTOS | 11 |
| 3.1 Liikenteen valtaregiimi | 13 |
| 3.2 Ilmastotietoisuuden ja kansallisen hyvinvoinnin tuottama paine valtaregiimille.. | 14 |
| 3.3 Kilpailukyvyyn tuottama paine valtaregiimille | 14 |
| 3.4 Muuttuvan toimintaympäristön vaikutus liikenteen muutokseen..... | 15 |
| 4. HAASTAJAREGIIMI: ÄLYKKÄÄT LIIKENNEJÄRJESTELMÄT | 16 |
| 4.1 Connected automated vehicles | 16 |
| 4.2 CAV:n vaikutus maankäyttöön, talouteen ja ilmastoon..... | 18 |
| 4.3 Esimerkki CAV:n mahdollisuuksista: Alankomaat | 20 |
| 4.4 Mobility as a service | 21 |
| 4.5 MaaS:n vaikutus maankäyttöön, talouteen ja ilmastoon..... | 22 |
| 4.6 Esimerkki MaaS:n mahdollisuuksista: Helsinki | 24 |
| 5. MUUTOKSEN HAASTEET JA RISKIT | 25 |
| 5.1 Rebound-ilmiö | 25 |
| 5.2 Liikenteen automaatioon liittyvät haasteet..... | 26 |
| 5.3 MaaS-konseptin haasteet..... | 28 |
| 5.4 Tietoturva | 29 |
| 6. POHDINTA | 30 |
| 6.1 Uudenlaista yhdyskuntasuunnittelua..... | 34 |
| 6.2 Jatkotutkimus..... | 34 |
| LÄHTEET | 36 |

LYHENTEET

| | |
|------|--|
| ANWB | holl. Algemene Nederlandse Wielrijdersbond, hollantilainen matkustajayhdistys. |
| CAV | engl. Connected Automated Vehicle, automaattisoitu kytkeytyvä kulkuneuvo |
| ECU | engl. Electronic Control Unit, auton sähköinen ohjainlaite. |
| HSL | Helsingin Seudun Liikenne. |
| IEEE | engl. Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö. |
| IoT | engl. Internet of Things, esineiden internet. |
| IoV | engl. Internet of Vehicles, kulkuneuvojen internet. |
| ICT | engl. Information and Communication Technology, informaatiotekniikka. |
| ITS | engl. Intelligent Transportation System, älykäs liikennejärjestelmä. |
| MaaS | engl. Mobility as a Service, liikkuminen palveluna. |
| MAL | Maankäytön, Asumisen ja Liikenteen sopimukset. |
| ODD | engl. Operational Design Domain, automaattiajamisen järjestelmien suunnitellut toimintaympäristöt. |
| P2P | engl. Peer to Peer, vertaisverkko. |
| RDW | holl. RijksDienst voor het Wegverkeer, hollantilainen tieliikennevirasto. |
| RFID | engl. Radio-Frequency IDentification, radiotaajuuden etätunnistus. |
| V2I | engl. Vehicle to Internet, kulkuneuvon kytkeytyminen internettiin IoV:n sisällä. |
| V2V | engl. Vehicle to Vehicle, kulkuneuvon kytkeytyminen toiseen kulkuneuvon IoV:n sisällä. |
| V2R | engl. Vehicle to infRastructure, kulkuneuvon kytkeytyminen infrastruktuuriin IoV:n sisällä. |
| V2S | engl. Vehicle to Sensor, kulkuneuvon kytkeytyminen sen sisäisiin sensoreihin IoV:n sisällä |
| 5G | Viidennen sukupolven mobiilidatayhteys. |

1. JOHDANTO

On ennakoitu, että kiihtyvän kaupungistumisprosessin takia vuoteen 2050 mennessä jopa 70 % maailman ihmisistä asuu kaupunkialueilla (Birch & Watcher 2011). Kaupungistumisprosessiin on yhdistetty useita erilaisia huolenaiheita siitä, miten kaupunkiympäristöt tulevat tämän kasvavan ihmismassan alla pysymään funktionaalisina sekä ympäristön näkökulmasta terveellisinä. Liikenne ja viestintäministeriön (Älykäs kaupunki... 2014: 13) raportin mukaan liikkuminen tulee olemaan kaupungistumisen suurimpia haasteita. Tämä haaste liittyy siihen, että vanhan infrastruktuurin on kasvavan ihmismäärän lisäksi taivuttava uusiin liikkumisen tarpeisiin.

Joidenkin näkemyksien mukaan elämme parhaillaan liikenteen murrosaikaa, missä älykkäällä liikenteellä on mahdollisuus tehdä asioita paremmin kestävä kehityksen näkökulmasta sekä terveyden että ympäristön suhteen. Näiden näkemyksien mukaan kaupungeista on samalla mahdollisuus muovata entistä tehokkaampia sekä viihtyisämpiä liiketoiminnan ja sosiaalisen elämän keskuksia. Murrosvaiheisiin ajoissa reagoiminen on tärkeää, kuten valtioneuvoston tulevaisuusvaliokunnan mietinnössä (2014) mainitaan: ”Jos ryhdytään toimimaan vasta silloin, kun uudet teknologiat ovat jo kypsiä ja varmoja, niin olemme auttamatta myöhässä.”.

Tämän kandidaatintyön on tarkoitus syventyä käsittelemään tätä muutoksen prosessia. Murrosvaihetta tarkastellaan kaupunkiliikenteen älyllistämisen näkökulmasta. Näkökulmassa tuodaan esille älykkäiden liikennejärjestelmien (ITS = Intelligent Transportation System) mahdollisuuksia sekä haasteita suomalaisen kaupunkiliikenteen kontekstissa. ITS-järjestelmiä tutkielmassa edustavat kaksi empiiristä esimerkkiä, joita ovat CAV (Connected Automated Vehicles) sekä MaaS (Mobility as a Service).

Koen aiheen tärkeäksi useasta eri syystä: Pidän kaupunkiympäristön modernisointia ja ITS-järjestelmien integroimista osaksi sen toimintaa houkuttelevana mahdollisuutena, joka voi ratkaista joitakin kaupunkien suurimpia ongelmia. Usein yhdyskuntasuunnittelussa kuitenkin kaupunkialueita pyritään kehittämään joko liian teknologiavetoisesti, jolloin ihmiskäsitys voi unohtua. Tai suunnittelussa ei täysin ymmärretä teknologiaa, jolloin ei voida täysin kartoittaa sen vaikutusalueita. Koenkin älyliikenteen tematiikan hyväksi keinoksi samalla nostaa esille tätä katvealuetta

suunnittelussa ja osoittaa, että uudennlaiselle yhteiskuntaopille on tarvetta. Sillä liiallisen tekno-optimismin sumentamista kehitysvisioista voi koitua haitallisia 'rebound'-lieveilmiöitä. Tutkielman tarkoituksena on myös osaksi kartoittaa holistista käsitystä älyliikenteen kokonaisuudesta, joka edesauttaa aiheeseen syventymistä esimerkiksi pro gradu -tutkielmassa. Siispä lähestyn aihetta seuraavien kysymyksien kautta:

1. Onko kaupunkiliikenteen muutos tapahtumassa?
2. Mitä tulisi huomioda kaupunkialueiden liikennejärjestelmien muuttuessa älykkäämmiksi?

Tutkielma etenee seuraavalla tavalla: Lähden liikkeelle kohdasta 2, jossa esittelen tutkielman kannalta keskeiset käsitteet. Tästä etenen kohtaan 3, jossa syvennyn tutkielman teoriaan hyödyntäen Frank Geelsin (2002; 2004; 2011) kehittämää sosioteknisen muutoksen mallia. Sosioteknisen muutosmallin avulla voin analyttisemmin pohtia sitä, onko jokin yhteiskunnan järjestelmä (kuten liikenne) todella muuttumassa ja millaisia ovat muutoksen keskeiset ajurit. Yleisesti on katsottu, että liikenteen automaatio sekä MaaS ovat disruptiivisia innovaatioita, jotka ajavat liikenteen muutosta. Siispä tarkastelen CAV:n sekä MaaSin mahdollisia hyötyvaikutuksia kohdassa 4. Kohdassa 5 pyrin pohtimaan ongelmakeskeisesti ITS-järjestelmien laajempaa yhteiskunnallista kontekstia, niin kutsutun rebound-ilmion kautta. Lopulta kohdassa 6 pyrin vetämään yhteen tutkimustulokset, nostamaan enemmän esille suomalaista näkökulmaa sekä ennen kaikkea vastaamaan asettamiini tutkimuskysymyksiin.

ITS-järjestelmä on kokonaisuutena laaja käsite, joka sisältää useita eri liikenteen tasoja sekä muotoja. Tarkoitus ei ole antaa lukijalle kuitenkaan kaiken kattavaa kuvausta älyliikenteen sisällöstä, vaan tarkoituksena on pyrkiä tutkimaan sitä, onko kaupunkiliikenteen fundamentaalinen muutos tapahtumassa. Tähän perehdytään kahden esimerkkitapauksen (CAV ja MaaS) kautta, joiden avulla visioidaan millaiselta kaupunkiliikenteen tulevaisuus voi näyttää Suomessa. Tällä pyrin antamaan normatiivisen kannanottoni älyliikenteestä käytävään keskusteluun. Tekstissä keskitytään lähinnä henkilöliikenteen muutokseen, josta tarkastelun ulkopuolelle on jätetty lento-, raide- sekä vesiliikenne.

Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, jonka lähteinä on pyritty käyttämään tieteellisiä julkaisuja sekä vertaisarvioituja lehtiä. Lisäksi on hyödynnetty aiheeseen liittyviä uutisartikkeleita sekä muuta oheislukemistoa, jonka tarkoituksena on lähinnä johdatella kohti aiheen teemaa. Älykkäistä liikennejärjestelmistä suomenkielistä kirjallisuutta on toistaiseksi vähän, luultavasti johtuen aiheen tuoreudesta. Kansainvälisesti kirjallisuutta löytyy, mutta ITS-järjestelmiä on hyvin usein lähestytty automatisoitujen kulkuneuvojen teknisistä lähtökohdista. Erityisesti liikenteen automaation yhteiskunnallisista vaikutuksista on vielä vähän tutkimustietoa. Älykkään liikenteen kokonaisuuteen liittyvästä teknologiasta, kuten automaatiosta, sensoriteknologiasta ja tietoliikenneverkosta löytyy jo huomattavasti enemmän myös suomenkielistä kirjallisuutta. Kansainvälisesti kiinnostus aihetta kohtaan tuntuu nyt kuitenkin olevan heräämässä. Aiheen ympärille on syntymässä eräänlainen poikkitieteellinen koheesio, jossa on tarpeen tutkia aihetta sekä politiikan-, teknologian-, talouden- ja hyvinvoinnin näkökulmista. Suomessa valtion tasolta ITS-järjestelmien omaksuntaa on pyritty voimakkaasti ajamaan eteenpäin. Muun muassa liikenne- ja viestintäministeriöltä löytyy useita julkaisuja, selvityksiä sekä toimeenpanon ohjelmia älyliikenteen suhteen (esim. Kohti uutta liikennepolitiikkaa... 2013; Liikenteen automaation ja robotiikan kehittämis... 2017).

2. KÄSITTEET

2.1 Tietoyhteiskunta

Websterin (2004: 9) mukaan tietoyhteiskunnalla tarkoitetaan sitä, että enenevässä määrin hyödynnämme teoreettista tietoa ratkaistaksemme erilaisia arkipäivän ongelmia. Lisääntynyt tiedon hyödyntäminen on näkyvissä poliittisessa-, kulttuurisessa- sekä taloudellisessa toiminnassamme. Jäsennämme näitä toimintoja entistä tehokkaammin erilaisten informaatioteknologioiden (ICT = Information and Communication Technology) avulla. Sillä ICT:n tarjoama immateriaalinen ulottuvuus poistaa materian luomaa kitkaa vuorovaikutussuhteistamme.

Immateriaalisesta ulottuvuudesta hyvä esimerkki on älypuhelinien toimintaympäristö. Sillä se on muuttanut tapaamme elää hyvin lyhyessä ajassa. Älypuhelinien avulla

hyödynnämme erilaisia virtuaalisia tuotteita (ts. ohjelmistoja), joiden kautta meille tarjotaan erilaisia digitaalisia palvelumalleja sekä kommunikaation keinoja. Tämä tiedon uusi luonne vaikuttaa myös tapaamme liikkua sekä tapaamme tehdä kulttuurillisia aktiviteetteja. Sama ilmiö on myös johtanut kaupunkialueilla uudenlaisiin sijoittumisen periaatteisiin. Muutos on ilmeinen, kun mietimme esimerkiksi vähittäiskaupan kehitystä. Verkkokauppojen yleistyessä kaupunkien sisäinen asemointi on muuttunut. Niin kutsutut 'kivijalkakaupat' kohtaavat entistä kovempaa kilpailua, kun verkkokaupan mahdollistama kaupankäynti ei ole enää niin sijaintivetoista. Tietoyhteiskunnan kitkattomuus on tärkeä komponentti myös liikenteen sosioteknisessä muutoksessa. Jotta liikenteen muutosta voitaisiin täysin ymmärtää, täytyy tarkastella nykypäivän ICT:n kahta tärkeää viitekehystä. Sillä ne liittyvät keskeisesti älyliikenteeseen. Nämä komponentit ovat 'Big data' (suom. massadata) sekä 'Internet of things' (suom. esineiden internet).

Big data symbolisoi hyvin tietoyhteiskunnan informaatiointensiivistä luonnetta. Georgen ja kumppanien (2014) mukaan big datalla ei varsinaisesti tarkoiteta, että dataa eli informaatiota olisi määrällisesti paljon, vaan sillä viitataan saatavilla olevan informaation luonteen muutokseen. Big dataa voidaan ehkäpä havainnollistaa parhaiten Gandomin ja Haiderin (2014) esittelemällä George Laneyn (2001) kolmen V:n määritelmän avulla. Laneyn kolme määritelmää kuvaavat hyvin myös sitä, miten yhteiskuntamme siirtyy entistä enemmän immateriaaliseksi. Nämä kolme V:tä ovat: Volume, Variety ja Velocity.

Big datan moninaisuuteen (Variety) liittyen, käytännössä mitä tahansa teknologiaa tai järjestelmää, joka kerää tai lähettää tietoa paikasta toiseen voidaan käyttää informaation lähteenä. Lähteen kautta voidaan saada hyödyllistä informaatiota tämän teknologian käyttäjäkunnasta (esim. Toole et al., 2015).

Saatavilla olevaa dataa on siis nykyään valtavasti (Volume), mutta kaikki tämä informaatio ei suinkaan aina ole hyödyllistä. Big datan ydinidea onkin pyrkiä seulomaan tästä valtavasta informaatiomäärästä erilaisiin konteksteihin sopivaa hyödyllistä käyttäjädataa. Data voi olla lähtöisin internetin erilaisten tietojärjestelmien sisältämästä informaatiosta, kuten esimerkiksi Youtube -videoiden katselukerroista, verkkokauppojen ostokäyttäytymisestä, Google hakujen trendeistä tai erilaisista seurantalaitteista. Data voi

olla myös peräisin esimerkiksi erilaisissa vertaisverkostoissa sijaitsevista laitteista, kuten autojen ajotietokoneista saatua informaatiota.

Osana informaation luonteenmuutosta myös nopeus (Velocity), jolla kykenemme käsittelemään ja keräämään dataa, on muuttunut. Kuten George, Haas ja Pentland (2014) määrittelevät, tällaista valtavaa datamäärää varten tarvitaan myös tehokkaita laskentatekniikoita, jotta voidaan saada datamäärien kätköistä esiin trendejä ja lainalaisuuksia.

IoT eli Internet of things liittyy myös keskeisesti tietoyhteiskunnan kitkattomuuteen. Se on myös tärkeä komponentti liikenteen sosioteknisessä muutoksessa. Atzorin ja kumppanien (2010) mukaan IoT:n ydinidea on, että meitä ympäröivät teknologiset objektit lisääntyvät jatkuvasti. Nimetäkseni vain muutamia, tällaisia objekteja voivat esimerkiksi olla puettavat teknologiat, puhelimet, lähimaksukortit, autoissa olevat kamerat tai sensorit, navigointi- sekä jäljitinlaitteet. Objektit voivat olla tai sisältää erilaisia sensoreita, telematiikkaa ja toimilaitteita, jotka verkottuvat keskenään hyödyntäen erilaista tiedonsiirtotekniikkaa.

Tiedonsiirron näkökulmasta voidaan hyödyntää muun muassa lyhyen sekä pitkän välimatkan yhteystyyppejä. Lyhyen matkan yhteyksistä ehkä tunnetuimpia ovat bluetooth sekä RFID (Radio-Frequency IDentification), jonka avulla laitteita voidaan linkittää keskenään hyödyntäen P2P (peer to peer) eli vertaisverkkoperiaatteita (Atzori ym., 2010; Want, Schilit & Jenson, 2015: 32). Atzori ja kumppanit (2010: 2790) näkevät monenlaisia hyötyjä lyhyen matkan yhteystyypeissä, sillä ne vaativat huomattavasti vähemmän energiaa, jonka takia mikrosirut, joilla yhteydet mahdollistetaan ovat pienikokoisia. Kun mikrosirut ovat pienikokoisia, niitä voidaan upottaa osaksi yhä erilaisempia asioita. Wantin ja kumppanien (2015) mukaan tällaiset vertaisverkkoja hyödyntävät laitteet pääsevät käsiksi internettiin linkittymällä esimerkiksi tietokoneisiin tai puhelimiin, jotka hyödyntävät pitkän matkan yhteystyyppejä. Pitkän matkan yhteystyyppejä ovat matkapuhelinverkot, joista tulokaan tekevä seuraavan sukupolven, tehokkaampi 5G-mobiiliverkkoteknologia on erityisen tärkeässä roolissa (Liikenteen automaation ja robotiikan kehittämis... 2017: 4).

Verkkoteknologioita hyödyntävät objektit pystyvät erilaisia sovellutuksia hyödyntäen reaaliajassa kommunikoimaan keskenään. Lisäksi ne pystyvät mitä erilaisimmin tavoin aistimaan ympäristöämme. Verkostoitumisen avulla teknologiat suorittavat automatisoidusti erilaisia yhä monimutkaisempia tehtäviä arkielämässämme, kuten esimerkiksi autolla ajamisen prosessia (Atzori ym., 2010). IoT:stä on tullut keskeinen osa tietoyhteiskunnan merkitystä. Voidaan ikään kuin ajatella, että internet of things ja big data ovat tietoyhteiskunnan nopeutuneen vuorovaikutuksen rakennuspalikoita. IoT on kasvavalla määrällä laitteita, jotka kytkeytyvät internetiin tuottamassa ja analysoimassa massiivista määrän dataa, eli big dataa.

2.2 ODD-toimintaympäristöt

ODD-toimintaympäristö (engl. Operational Design Domain) liittyy keskeisesti automatisoituihin kulkuneuvoihin, joka on toinen ITS-järjestelmistä mitä käsittelen tutkielman empiirisessä osiossa. ODD:lla tarkoitetaan automatisoituun ajamiseen suunniteltuja toimintaympäristöjä. Eli autonvalmistajien asettamia standardeja siitä, millaisissa olosuhteissa kulkuneuvo kykenee itse ohjautumaan (J3016 SAE 2018). Olosuhteet viittaavat sekä sääolosuhteisiin että rakennettuihin ympäristöihin. Esimerkiksi autonvalmistaja on voinut määritellä, että auto kykenee ajamaan itsenäisesti säätilassa, jossa sataa vettä ja on pilvistä, mutta ei kykene ajamaan itsenäisesti, kun tienpinta on luminen.

Tämä hyvinkin tekninen ominaisuus kulkuneuvoissa on hyvä kiinnekohta tarkastella automatisoitujen kulkuneuvojen laajempia yhteiskunnallisia vaikutuksia. Millaisia ympäristöjä tulisi suunnitella, jotta automaation muutos liikenteessä voitaisiin toteuttaa kestävästi? On hyvä pohtia aiheuttaako se esimerkiksi kaupunkien sisällä sosiaalista eriytymistä. Käsité on myös suomalaisessa kontekstissa tärkeä, sillä haasteelliset sääolosuhteet voivat hidastaa automaation ajamaa muutosta.

2.3 Sosiotekninen järjestelmä

Longin (2013) mukaan järjestelmäajattelulla tarkoitetaan teoreettista viitekehystä, mikä pyrkii kuvailemaan jotakin monimutkaista järjestelmää kuten esimerkiksi liikennettä. Teorian tarkoituksena on perehtyä järjestelmän sisäisten entiteettien dynamiikkaan.

Esimerkiksi liikenteen järjestelmä ei koostu pelkästään autoista, liikennevaloista ja tiestöstä, vaan osana sitä ovat myös autonvalmistajat, lainsäätäjät ja monet muut liikenteen sosiaaliseen dynamiikkaan vaikuttavat tekijät. Nämä järjestelmän vaikuttajat luovat sen sisälle kollektiivisesti erilaisia merkityksiä ja arvoja, kuten esimerkiksi liikennesäännöt. Teorian ideana on yleensä valita tarkasteluun yksi järjestelmä, jossa lähestytään sen pinnan alla olevia kollektiivisia käyttäytymismalleja, analyttisestä tulokulmasta. Näin voidaan tulkita kuinka nämä järjestelmien sisäiset dynamiikat ovat kytkettyneet toisiinsa. Tekninen osapuoli sosioteknisestä järjestelmästä puolestaan viittaa sen komponentteihin, minkä tarkoituksena on nostaa järjestelmän tarkastelun keskiöön teknologisten objektien, kuten esimerkiksi auton ja niiden käyttäjien merkitystä (Geels 2014; Long 2013: 172).

3. LIIKENTEEN SOSIOTEKNINEN MUUTOS

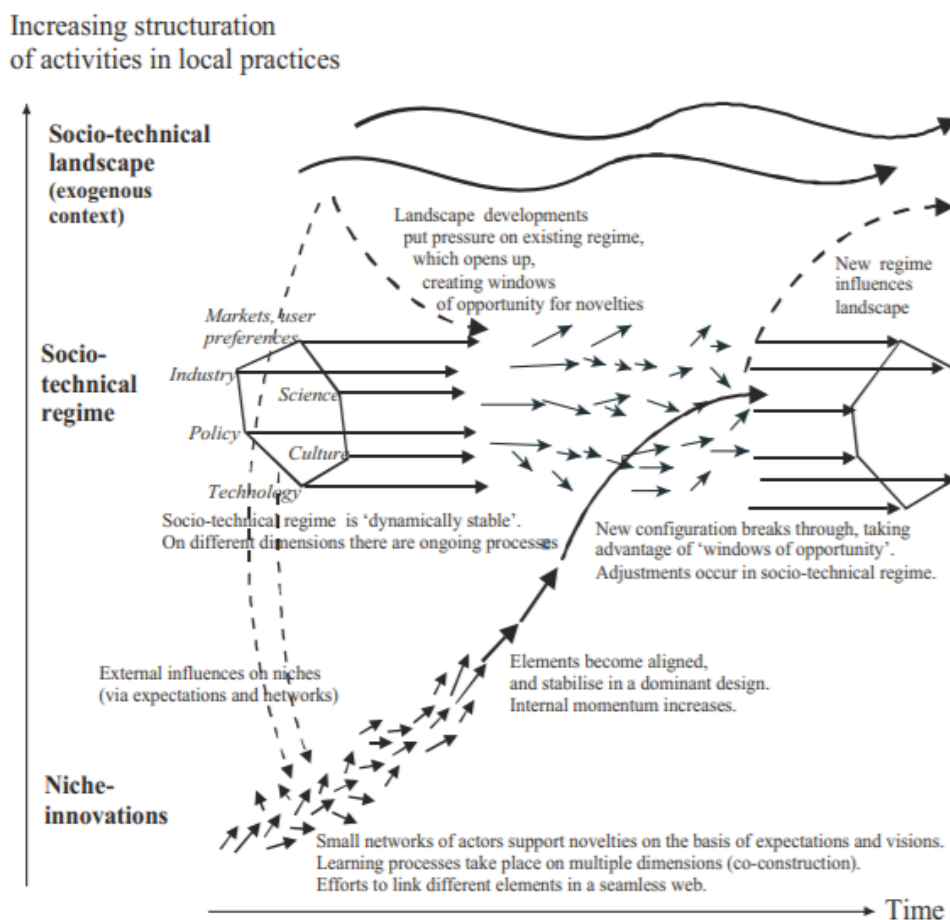
Aika ajoin syntyy teknologisia innovaatioita, jotka saattavat suuresti muovata tapaamme elää. Jos katsomme 10 vuotta ajassa taaksepäin, jolloin älypuhelimet alkoivat yleistyä. On selvää, miten radikaalisti ne ovat muuttaneet jokapäiväistä elämäämme hyvin lyhyessä ajassa. Kuten Docherty kumppaneineen (2018: 115) esittävät, se miten kommunikoimme, järjestämme työelämäämme, teemme ostoksia, sosialisoimme ja miten hankimme tietoa ovat älypuhelimien vaikutuksen takia täysin erilaisia kuin yli 10 vuotta sitten. Samanlaista kehitystä kaavaillaan nyt myös liikenteen järjestelmään.

Miten tällaisia muutosvoimia voitaisiin sitten tulkita? Yksi tapa tulkita innovaatioiden vaikutusta sosioteknisten järjestelmien kokoonpanoon on Frank Geelsin (2002; 2004; 2011) esittelemä sosioteknisen muutoksen malli. Tämän monitasoisen mallin kautta voidaan tarkastella niitä kiinnekohtia ajassa, milloin innovaatiot pyrkivät murtautumaan johonkin tiettyyn sosiotekniseen järjestelmään ja muovaamaan sen sisältöä. Mallissa tarkastellaan innovaatiota melko teknisistäkin lähtökohdista, mutta se on osaltaan mallin etu. Teknisten lähtökohtien tutkiminen antaa mahdollisuuden tarkastella teknologisten objektien yksittäisten ominaisuuksien laajempia vaikutuksia yhteiskuntaan. Toisaalta malli antaa myös hyvän viitekehyksen tarkastella itse yhteiskunnan dynaamista osaa. Näin voidaan tarkastella sitä, miten asiat kuten ilmastonmuutos ja kiihtyvä

kaupungistuminen voivat tarjota teknologialle mahdollisuuden muuttaa kulttuurisia normeja.

Mallissa on kolme toisistaan erotettavaa tasoa, jotka ovat: muuttuva toimintaympäristö (*landscape*), vallitseva regiimi (*socio-technical regime*) sekä nousevat innovaatiot (*niche innovations*) (kts. mallin visualisointi kuvasta 1). Kuten Linturi ja Kuusi (2018: 14) esittävät, nousevien innovaatioiden voidaan myös katsoa olevan haastajaregiimejä. Käytänkin tätä ilmaisua jatkossa, sillä se selkeyttää mallin dynamiikkaa.

Sosioteknisen muutoksen avainroolissa ovat sen vallitsevat regiimit, jotka sijoittuvat sosioteknisen järjestelmän sisälle. Dochertyn ja kumppanien (2018: 115) mukaan regiimi koostuu järjestelmän ydinrakenteista, joita ovat teknologiset objektit, infrastruktuuri, tiedeyhteisö, markkinat, kulttuuri, politiikka, instituutiot sekä teollisuudenalat. Regiimien voidaan katsoa olevan arvoja, jotka eivät muutu kovinkaan nopeasti. Vaan sen sisältämät arvot pyrkivät inkrementaalisesti muovautumaan uusien innovaatioiden ansiosta, jos



Kuva 1: Frank Geelsin esittämä monitasoinen sosiotekninen muutosmalli (Geels 2011: 28)

toimintaympäristöstä syntyvä paine antaa siihen tilaisuuden. Tämä tilaisuus voi johtaa murtumispisteeseen, jossa innovaatiot alkavat muuttaa regiimien sisältämiä arvoja. Arvojen muutos innovaatioiden seurauksena voidaan nähdä esimerkiksi lainsäädännön muuttumisena. Regiimi siis kuvastaa järjestelmän sisäisten ydinarvojen merkityksiä, jonakin tiettyinä hetkinä ajassa. Jos haastajaregiimi kykenee murtamaan vallitsevan regiimin, tulee haastajaregiimistä uusi valtaregiimi, jolloin järjestelmän sisäiset merkitykset muuttuvat (Geels 2002; 2004; 2011; Linturi ja Kuusi 2018).

Muuttuvalla toimintaympäristöllä Geels (2011: 28-29) tarkoittaa sosioteknisen järjestelmän dynaamista osaa, kuten esimerkiksi talouden kehitystä, kulttuurisia normeja sekä ympäristökysymyksiä. Usein vallitsevat regiimit pyrkivät antamaan muuttuvaan toimintaympäristöön vaikutteita. Niemisen ja kumppanien mukaan (2011: 51) valtaregiimin ydinrakenteet eivät aina kuitenkaan sovi yhteen toimintaympäristön kanssa, jonka vuoksi painetta alkaa kertyä näihin järjestelmän sisäisiin rakenteisiin. Tämän takia haastajaregiimi voi joko luoda kokonaan uuden regiimin tai muovata vallitsevaa regiimiä.

Kuten Linturi ja Kuusi (2018) ovat esittäneet, asetelma, jossa uudet teknologiat mahdollistaisivat yhteiskunnalle useita eri tason hyötyjä, samaan aikaan kun vanhat teknologiat kasvattavat yhteiskunnan rasitetta, luo se selvää painetta järjestelmän sisäisten ydinrakenteiden muutokselle. Tästä syystä liikennettä pitkän aikaa dominoinut perinteinen autoilun regiimi voi olla nyt vihdoin murroksessa.

3.1 Liikenteen valtaregiimi

Kiihtyvän urbanisaation, ilmastonmuutoksen sekä valtiotilan muutoksen vuoksi kaupunkialueiden tiivistyminen sekä ympäristönäkökulmien huomioiminen ovat tulleet normatiiviseksi osaksi yhteiskunnassa käytävää keskustelua sekä politiikkaa. Viime aikoina on medioissa paljon keskusteltu liikenteen päästöistä, autokannan uudistamisesta sähköautoiksi sekä kiihtyvän kaupungistumisen vaikutuksista Suomen asutuskeskittymiin (esim. Koistinen, 2019; Pansu 2019). Liikenteen valtaregiimiä on jo pitkään hallinnut perinteinen autoilun regiimi. Regiimi asettui valta-asemaansa 1920-luvulla, kun Henry Ford kehitti autojen massatuotannon (Townsend 2013: 99). Siitä lähtien autot ovat olleet massamarkkinatuote ja niiden kulutus on paljolti määritellyt myös kaupunkialueiden sisäistä asemointia. Perinteisen autoilun regiimin idea on säilynyt

lähes muuttumattomana Fordin ajoista lähtien. Kun on nähty miten esimerkiksi älypuhelimet ovat tehostaneet kommunikointiamme ja muuttaneet tapaamme tehdä päivittäisiä aktiviteettejä, on alettu puhua siitä, miten saataisiin samanlainen teknologiatuettu muutos liikkumiseen.

3.2 Ilmastotietoisuuden ja kansallisen hyvinvoinnin tuottama paine valtaregiimille

Pitkän aikaa liikennettä hallinnoineen autoilun regiimissä piilee suuri tehottomuuden aspekti. Maailmassa on lukematon määrä autoja, jotka keskimäärin 90 % ajasta ovat täysin käyttämättöminä (Pavone 2015: 388; Number of vehicles in use... 2018). Sen lisäksi paikoittain jopa 30 % kaupunkien maankäytöstä saattaa olla omistettu pelkästään parkkipaikoille ja tiestölle (Jakle & Sculle 2004: 10). Monissa suurissa kaupungeissa tapahtuva liikennöinti on tällä hetkellä ruuhkaista ja polttomootoriautojen päästöjen osalta paljon saastuttavampaa kuin esimerkiksi maantieliikenne (Laakso & Loikkanen 2014: 301; Yli-Tuomi ym. 2005). Vuonna 2017 Suomen kaikista hiilidioksidipäästöistä 20 % syntyi liikenteestä, joista jopa 55 % syntyi henkilöautoliikenteessä (Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt... 2019; SVT 2017). Tämän lisäksi muun muassa Pucher & Dijkstra (2003) ovat osoittaneet yksityisautoilun olevan terveydelle haitallista sekä syntyvien ilmansaasteiden, että liikunnan minimoinnin näkökulmasta. Puolestaan myös liikenneonnettomuudet aiheuttavat kustannuksia sekä synnyttävät tarpeetonta turvattomuutta. Kaupunkien maankäytössä vaikuttaa siis olevan hyvin suuri osa omistettu asioille, jotka ovat toiminnassaan varsin tehottomia.

3.3 Kilpailukykyyn tuottama paine valtaregiimille

Uusliberalististen poliittistaloudellisten trendien takia myös kansainvälisen kilpailun kenttä kohdistuu entistä enemmän kaupunkikeskusten taloudelliseen suorituskykyyn (Ahlqvist & Moisio, 2014: 44-45). Abelin ja Deitzin (2012) sekä Lombardin (2012: 147) mukaan kaupunkikeskusten kilpailukyky perustuu osaltaan sen kykyyn innovoida. Heidän mukaansa innovatiivisuutta voidaan puolestaan lisätä maksimoimalla innovatiivisten kansalaisten määrä. Lombardi (2012: 147) jatkaa ajatusta liikenteen järjestelmän piiriin ja esittää näkemyksen, jonka mukaan juuri liikenteen tehostaminen

edesauttaa innovatiivisten kansalaisten kasautumista kaupunkeihin. Sillä kaupunkien saavutettavuus muilta alueilta sekä sen sisäisen liikenne- ja viestintäjärjestelmän tehokkuus palvelevat kilpailukyvyn eduksi. Kuten Laakso ja Loikkanen (2004: 300-301) esittävät: kun liikenteen kustannukset muuttuvat, niin myös kiinteistöjen vuokrat muuttuvat. Näin yhä useammat paikat tulevat yhä useammalle saavutettaviksi ja sitä kautta haluttavimmiksi. Bannister ja Becheran (2003) jatkavat samalla linjalla ja osoittavat, että matkustusolosuhteiden parantamisella on nähty olevan vaikutuksia yritysten tapaan kuljettaa tavaraa sekä yksilöiden tapaan valita reittejä ja matkustuskohteita. Heidän mukaansa voidaan yleisesti katsoa matkustusolosuhteiden parantamisen tuovan suurempaa taloudellista kasvua, jos muuten tarvittavat markkinaolosuhteet (kuten tuotanto ja työvoima) ovat saatavilla (Bannister & Becheran 2003: 174-231).

Kilpailukyvyn tematiikan korostuminen kaupunkialueilla voi kohdistaa tässä mielessä painetta liikenteen perinteiseen valtaregiimiin. Valtaregiimin materiaallinen ulottuvuus peilautuu huonosti tietoyhteiskunnan kontekstiin, joka voidaan kaupunkialueilla nähdä tehottomana. Liikennejärjestelmän toimivuus on kilpailukyvyn näkökulmasta tärkeää. Liikenteen tehokkuuden kautta kaupungit parantavat myös mahdollisuuksia houkutella alueelle kansainvälisiä yrityksiä, jotka puolestaan houkuttelevat innovatiivisia yksilöitä työmarkkinoillaan. Bannister ja Becheran (2003) kuitenkin huomauttavat, että taloudellisen tehokkuuden sekä liikenteen suhde ei ole täysin lineaarinen.

3.4 Muuttuvan toimintaympäristön vaikutus liikenteen muutokseen

Pystyn nyt kohdistamaan joitakin muuttuvan toimintaympäristön elementtejä, joista kohdistuu suurta painetta liikenteen valtaregiimille. Kiihtyvän kaupungistumisen vuoksi kaupunkialueet tiivistyvät ja liikenteen toimintaympäristöön liittyvät ilmaston-, terveyden-, turvallisuuden sekä kilpailukyvyn (ts. tehottomuuden) haasteet voivat kärjistyä. Suomalaisessa kontekstista erityistä painetta nostaa uuden hallituksen asettamat tavoitteet pyrkiä hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä (Hallituksen toimintasuunnitelma... 2019). Samaan aikaan teknologioiden kehittyessä, uudenlaisia vaihtoehtoisia liikenteen innovaatioita on tullut esille, jotka pyrkivät luomaan vihreämpiä, terveellisempiä, turvallisempia ja tehokkaampia kaupunkiympäristöjä. Nämä

ITS-järjestelmät, kuten CAV sekä MaaS ovat nyt asettaneet liikenteelle uuden haastajaregiimin.

4. HAASTAJAREGIIMI: ÄLYKKÄÄT LIIKENNEJÄRJESTELMÄT

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä (2010) älykkäiden liikennejärjestelmien kerrotaan olevan kehittyneitä sovelluksia, jotka tarjoavat työkaluja erilaisten liikennemuotojen ja liikenteen hallintaan: ”samalla ne mahdollistavat sen, että eri käyttäjät saavat paremmin tietoa ja voivat hyödyntää liikenneverkkoja turvallisemmin, koordinoitummin ja ’älykkäämmin’”. Puolestaan kansainvälisen tekniikan alan järjestö IEEE:n (2019) näkemys ITS-järjestelmistä on, että ne ovat systeemejä, jotka hyödyntävät synergistisiä teknologioita sekä tietojärjestelmien suunnittelukonsepteja rakentaakseen parempia liikenteen ratkaisuja.

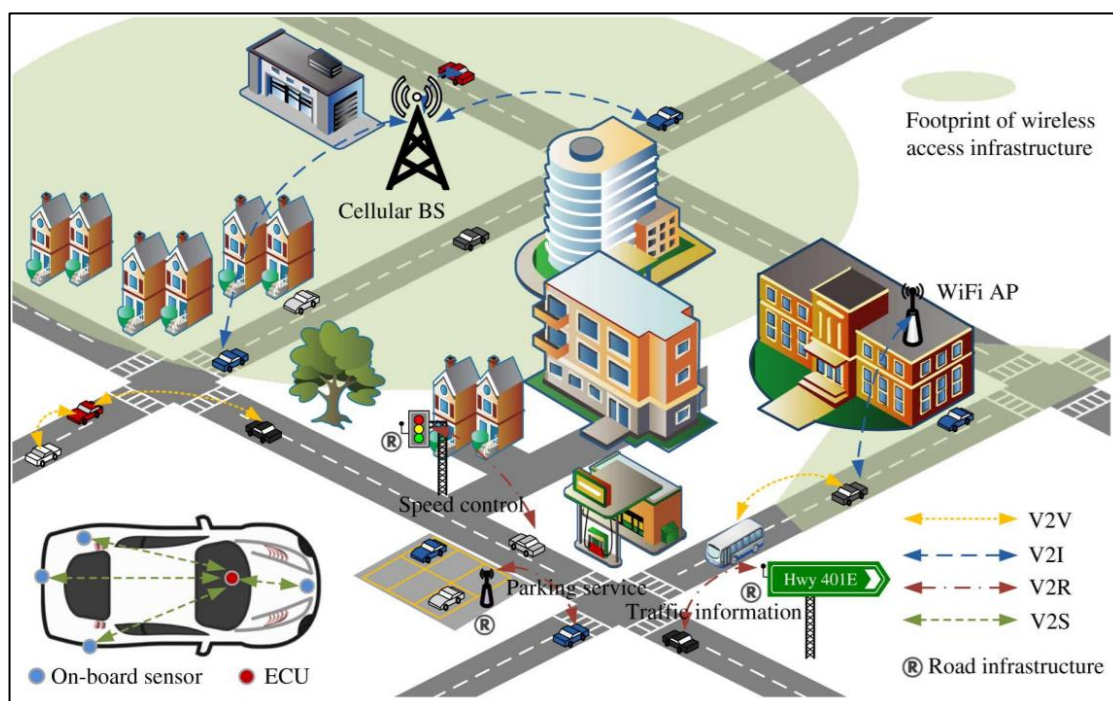
Tietoyhteiskunnan aikana niin kutsutut ’älykkäät’ asiat ovat lisääntyneet. Tällä viitataan siihen, että kasvavassa määrin synergistiset teknologiat kytkeytyvät esineiden internettiin ja erilaisten sovelluksien kautta hyödyntävät big dataa. Kun teknologiat kytkeytyvät osaksi verkkoa ja kykenevät kommunikoimaan keskenään, mahdollistuu erilaisten prosessien automatisointi. Myös liikenteen sosioteknisessä järjestelmässä, ennen ihmisten vastuulla olleita toimintoja pyritään kasvavassa määrin automatisoimaan. Tämän takia myös ajoneuvoista on tulossa entistä enemmän digitaalisia alustoja. Erityisesti kytkeytyvien automatisoitujen kulkuneuvojen (CAV = Connected Automated Vehicle) on katsottu olevan hyvin keskeisessä roolissa kaupunkiliikenteen sosioteknisen muutoksen ajurina. Toisaalta ei ole välttämätöntä, että liikenteen muutos tapahtuisi vain teknologisesti kehittyneempien kulkuvälineiden avulla. Tietoyhteiskunnan ajamat uudet palvelumallit, kuten MaaS (Mobility as a Service) esittävät myös yhden potentiaalisen vaihtoehdon perinteiselle autoilun valtaregiimille. Seuraavaksi syvennyn tarkastelemaan näitä kahta ITS-järjestelmän esimerkkiä.

4.1 Connected automated vehicles

On esitetty, että itsestään ohjautuvilla kulkuneuvoilla tulee olemaan mittavia yhteiskunnallisia hyötyjä esimerkiksi maankäytön, talouden ja ilmaston näkökulmasta.

Ennen kun syvennyn käsittelemään varsinaisia yhteiskunnallisia hyötyvaikutuksia, on tarpeen katsastaa toisiinsa kytkeytyvien automatisoitujen kulkuneuvojen (CAV) teknistä toimintaperiaatetta, jotta sen vaikutusalueita voidaan paremmin kartoittaa.

Vertaisverkkojen tai suoran yhteyden kautta internettiin kiinnittyvien CAV-kulkuneuvojen ja erilaisten sensorien avulla syntyy mahdollisuus, jossa kulkuneuvot kykenevät reaaliajassa aistimaan ympäristöään ja kommunikoimaan sekä keskenään, että infrastruktuurin kanssa. Yangin (2014) mukaan tätä kutsutaan kulkuneuvojen internetiksi (IoV = Internet of Vehicles). Jos mietitään IoT:n termiä, jonka kävin osassa 2.1 läpi, se auttaa hahmottamaan IoV:n kokonaisuutta, sillä se toimii lähes samoin periaattein. Lun ja kumppanien (2014) mukaan automatisoitujen järjestelmien kommunikointi keskenään IoV:n sisällä tapahtuu neljällä eri tietoliikenteen tasolla (kts. kuva 2). Tasot ovat V2S (Vehicle to Sensor), V2V (Vehicle to Vehicle), V2R (Vehicle to Infrastructure) sekä V2I (Vehicle to Internet). Kaiken tämän kommunikoinnin prosessoimiseksi kulkuneuvot tarvitsevat myös erilaisia sensoreita, kameroita ja tutkia sekä tekoälyn. Näiden avulla on mahdollista pystyä havainnoimaan myös muita tieliikkuja, jotka eivät ole kytkeytyneenä



Kuva 2: Lun ja kumppanien (2014: 290) havainnekuva kulkuneuvojen internetin toimintaverkostosta. V2V = Vehicle to Vehicle, V2I = Vehicle to Internet, V2R = Vehicle to Infrastructure, V2S = Vehicle to Sensor, ECU = Electronic Control Unit.

verkostoihin (Linturi ja Kuusi 2018: 252). V2S verkoilla tarkoitetaan lyhyen matkan yhteyksiä, missä kulkuneuvon sisäiset sensorit kommunikoivat ajotietokoneen (ECU = Electronic Control Unit) kanssa, esimerkiksi jarrujen säätämiseksi. V2R tietoliikenne on kulkuneuvon ja infrastruktuurin välistä viestintää, missä kulkuneuvo kommunikoi esimerkiksi liikennevalojen tai liikenteen nopeutta määrittävien ulkoisten objektien kanssa. Kulkuneuvo saa näin opastuksia, säättääkseen tilannenopeuden oikeanlaiseksi. V2I on puolestaan auton suora kiinnittyminen internettiin mobiilitukiaseman kautta, minkä avulla se voi saada informaatiota vaikuttaakseen kyyditettävien henkilöiden matkustuskäyttäytymiseen. Esimerkiksi kauempana olevista ruuhkista tai reitin varrella olevista potentiaalisista mielenkiinnon kohteista voidaan saada tietoa, minkä avulla voidaan valikoida vaihtoehtoisia reittejä (Lu ym. 2014). Kulkuneuvojen (V2V) sekä infrastruktuurin (V2R) välisen paikallisten kommunikointiverkostojen on odotettu vakiintuvan ennen kuin täysin autonomisia ODD-ympäristöistä riippumattomia kulkuneuvoja voidaan saavuttaa (Fagnant & Kockelman 2015: 170).

4.2 CAV:n vaikutus maankäyttöön, talouteen ja ilmastoon

Fagnantin ja Kockelmanin (2015) näkemys on, että tällaisessa kulkuneuvojen verkostossa on mahdollisuus muodostaa liikkuvia ketjuja, joissa CAV:t pystyvät kommunikoinnin avulla ennakoimaan esimerkiksi ketjujen ensimmäisten kulkuneuvojen jarrutukset sekä muut aiheet. Heidän mukaansa kyseisellä järjestelmällä voitaisiin kaupunkialueilla saada aikaiseksi sulavampia liikennevirtoja sekä tasaisempia ajonopeuksia. Näin muun muassa ruuhkaisuutta voitaisiin kaupunkialueilla vähentää. Tasaisempien ajonopeuksien on myös todistettu johtavan energiatehokkaampaan ajamiseen, sillä ne tuottavat vähemmän päästöjä sekä kuluttavat vähemmän auton mekaanisia osia (esim. Yli-Tuomi ym. 2005).

Jos CAV-liikenteestä muodostuu uusi valtaregiimi, voi se suuresti muovata maankäyttöä kaupunkialueilla. Parkkipaikat keskusta-alueilla voivat vähentyä, kun automatisoidut kulkuneuvot kykenevät ajamaan itsensä kauemmas parkkiin. Erilaiset ostoskeskukset ja palvelut, jotka vetävät suuria ihmismääriä puoleensa vaativat parkkipaikkojen sijaan 'vastaanottoalueen'. Näin ihmisvirrat voidaan purkaa sujuvasti. Tämän vuoksi sijoittelu voi kaupunkialueilla muuttua. Jos tavaraliikenne automatisoituu, sillä on varmasti

vaikutusta myös yrityksien sijoitteluun. Nämä ovat vain muutamia visualisointeja siitä, millaisia välillisiä vaikutuksia järjestelmällä voi olla.

Habouchan ja kumppanien (2017) mukaan erityisesti liikenteen turvallisuutta on mahdollisuus kasvattaa, jos CAV:t pystyvät ajan kanssa vähentämään inhimillisten virheiden aiheuttamia liikennetapaturmia. Onkin arvioitu, että tapaturmia voitaisiin vähentää jopa 70 % seuraavan 25 vuoden aikana (Autonomous vehicles 2017). Jo pelkästään tapaturmien vähentymisellä on oletettavasti suuria yhteiskunnallisia hyötyjä. Ihmishenkien säästämisen lisäksi voitaisiin saada taloudellisia hyötyjä. Fagnantin ja Kockelmanin (2015: 175) laskelmien mukaan kolareista voitaisiin Yhdysvalloissa vuosittain säästää jopa noin 17,7–355 biljoonaa dollaria, riippuen automatisoitujen autojen markkinaosuuden suuruudesta (kun osuus on 10–90 % kaikista kulkuneuvoista).

Jos ajamisen monitoroinnin tarve poistuu, 'ajajat' vapautuvat tekemään muita aktiviteetteja ja käyttämään matka-aikansa hyödyksi esimerkiksi työskentelyyn. Linturi ja Kuusi (2018: 252) esittävät, että tämä vapauttaisi Suomessa arviolta jopa miljardi henkilötuntia vuodessa. CAV:t voisivat tuoda myös lisättyä liikkuvuutta vanhuksille, nuorille sekä vammautuneille, jotka eivät muuten kykenisi suoriutumaan tieliikenteestä (Haboucha ym. 2017: 38). CAV-liikenteen on myös katsottu vähentävän monimutkaisten reittien kokonaismatkustusaikaa merkittävästi (Wadud ym. 2016). Tämä lisätty liikkuvuus voi henkilöliikenteen lisäksi tehostaa myös tavaraliikennettä kaupungeissa sekä tehdä kaupunkilogistiikasta vaivattomampaa. Samaan aikaan CAV:t voisivat mahdollistaa erilaisia uusia matkustusmuotoja ja liikennepalveluita. Nämä seikat voivat saada aikaan suuriakin makrotaloudellisia muutoksia.

CAV:n esitetyt ekonomiset ja ympäristölliset hyödyt lisääntyvät vasta silloin, kun automatisoitujen kulkuneuvojen markkinaosuus kaikista autoista kasvaa riittävän suureksi. Jos osuus kaikista kulkuneuvoista ei kasva, liikkuvia ketjuja ei voida muodostaa. Jos CAV:n hyödyt koetaan tavoittelemisen arvoiseksi, voitaisiin valtion tasolta ajaa esimerkiksi erilaisia verokannusteita markkinaosuuden kasvun nopeuttamiseksi. Kannustimet on kuitenkin koettu erittäin haasteelliseksi suomalaisen autokulttuurin näkökulmasta, johtuen eroavaisuuksista maaseutumaisten alueiden ja kaupunkien välillä (esim. Koistinen 2019). Muutos CAV:n kaltaiseen

liikennejärjestelmään vaatisi kaupunkialueilla myös muita mittavia investointeja. Lun ja kumppanien (2014) kuvaileman IoV-verkoston aikaansaamiseksi tulisi esimerkiksi kaavoituksessa huomioida kuuluvuusalueet erilaiselle telematiikalle ja tukiasemille, jotka mahdollistavat kommunikoinnin eri tasot. Valtion sekä paikallishallintojen kanssa yhteistyössä täytyisi muodostaa aluekehittämisen strategioita, jotta kansallinen IoV:n infrastruktuuri saataisiin aikaiseksi. Strategiat voitaisiin asettaa esimerkiksi maankäytön, liikenteen ja asumisen eli niin kutsuttujen MAL-sopimusten tavoitteiksi.

4.3 Esimerkki CAV:n mahdollisuuksista: Alankomaat

Alankomaissa on pyritty ottamaan johtava asema ITS-järjestelmien kehittälyssä (Liikenteen automatisaation ja robotiikan kehittämis... 2017: 13). Hollantilaisen matkustajayhdistyksen, ANWB:n (2015) mukaan vuonna 2014 Hollannin hallitus päätti, että se sallii laajamittaiset testit itsestään ohjautuville kulkuneuvoille ja mahdollistaa niiden hallitun testaamisen julkisilla teillä. Ensimmäiset laajat automaatiokokeilut tapahtuivat vuonna 2015, jolloin rekkavalmistaja Scania testasi yhdistelmäajoneuvojen ketjuttamista liikenteessä. Testissä ajoneuvot ajoivat puoliautomatisoidusti ketjussa, jossa ensimmäinen kulkuneuvo veti letkaa, jolloin perässä olevat reagoivat sen toimintoihin, kuten jarrutuksiin (Experiments on autonomous and automated driving... 2015: 5-7). Hyvin samaan tapaan miten Fagnant ja Kockelman (2015) puhuivat CAV:n keinoista estää ruuhkia.

Alankomaiden infrastruktuuri ja ympäristöministeriön ITS in the Netherlands (2017: 35-42) raportissa luokitellaan myös lukuisia muita toteutuneita ja jatkuvia projekteja. Esimerkiksi A58 tien varrella on kokeiltu ruuhkautumista estävää kulkuneuvojen ketjuuntumisteknologiaa, jonka on todettu vähentävän ruuhkia huomattavasti (Shockwave traffic jams A58... 2017). Lisäksi kokeilussa huomattiin, että järjestelmä voidaan lähes esteettä toteuttaa isommassa skaalassa sekä siirtää maantieteellisesti muihin sijainteihin. Lisäksi kuorma-autojen ketjuuntumisen kehittämistä on Scanian kokeilujen jälkeen jatkettu (ITS in the Netherlands 2017: 35-42). Kokeilut ovat osoittaneet ketjuuntuvien kuorma-autojen olevan taloudellisempia, turvallisempia sekä tehokkaampia. Alankomaista löytyy myös lukuisia muita meneillään olevia automaatiokokeiluja.

Joidenkin mittareiden mukaan Alankomaat on jo saavuttanut johtavan aseman autonomisten ja automatisoitujen kulkuneuvojen valmisteluissa (Autonomous vehicles readiness index 2018: 13). Tämä voi johtua siitä, että Alankomaissa vaikuttaa olevan hyvin selkeä ja järjestelmällinen prosessi erilaisten automaatiokokeiluiden aikaansaamiseksi. Paikallisen infrastruktuuriministeriön alainen tieliikennevirasto RDW (Rijksdienst voor het Wegverkeer) on kehitellyt viisi vaiheisen hyväksymisprosessin, jonka kautta yksityisen sektorin organisaatiot voivat hakea lupaa päästäkseen testaamaan automatisoituja kulkuneuvoja julkisilla väylillä (About RDW 2019; Admittance procedure... 2019). Vaiheen ensimmäisessä osiossa organisaatiot hakevat lupaa RDW:ltä, jolloin heidän on kerrottava tarkasti heidän motiiveistaan, testattavasta kulkuneuvosta sekä heidän tavoittelemastaan kohdealueesta. Toisessa osiossa RDW:n toimesta kulkuneuvoa, tavoiteltavaa kohdealuetta sekä riskien tunnistusta tutkitaan. Jos kaksi ensimmäistä vaihetta on läpäisty, kolmannessa vaiheessa testattavaa ajoneuvoa kokeillaan ensin suljetulla kontrollialueella. Jos testattava ajoneuvo läpäisee kontrollialueen testit neljännessä vaiheessa organisaatiot saavat hetkellisen luvan suorittaa kontrolloituja testejä julkisilla liikenneväylillä. Viimeisessä vaiheessa tutkimustulokset on jaettava RDW:n osapuolien kanssa, jotta kollektiivinen etu säilyy prioriteettina ja eurooppalaista regulaatiota voidaan edistää (Admittance procedure... 2019).

4.4 Mobility as a service

Jittrapiromin ja kumpanien (2017) mukaan MaaS:n ideana on, että liikkumista pyritään merkittävästi edistämään sovellusten avulla. Esimerkiksi puhelimella toimivan rajapinnan kautta pyritään yhdistämään useita eri liikkumisen muotoja yhden katon alle, yhdeksi käyttöliittymäksi. Samalla tavoin, miten AirBnB:stä on muodostunut maailman suurin 'hotelliketju', joka ei omista yhtään sänkyä, myös kulkuvälineiden jakamiseen voidaan luoda lisäarvoa. Käyttäjien kokemaa arvoa voidaan synnyttää AirBnB:n tapaan tehokkaalla digitaalisella sovellutuksella. MaaS:n sovellutuksen tarjoama 'arvo', mistä käyttäjät hyötyvät saadaan aikaiseksi yhdistelemällä kaupunkialueen liikennetoimijoiden tarjoamaa avointa liikennedatata. Sovellusrajapinnan kautta käyttäjälle pyritään

muodostamaan saumaton liikkumisen kokemus niin, että liikennemuotoa voi oman tarpeen mukaan vaihtaa.

Hietasen (2014) mukaan käyttäjä voi MaaS-järjestelmällä suunnitella matkan, jonka aikana hän hyödyntää metroa, pyörää sekä taksia. Näin käyttäjän ei tarvitse ostaa jokaista liikennepalvelua eri palveluntarjoajalta. Big dataa hyödyntäen tällainen palvelumuoto yhdistää sekä julkiset, että yksityiset liikennepalvelut. Liikkujat pääsevät näin notkeasti hyödyntämään useita liikkumisen tapoja, yhden portaalin kautta. Sovelluksen maksuperiaate toimii esimerkiksi puhelinliittymien tapaan kuukausimaksulla (Hietanen 2014). Näin järjestelmän sisäiset transaktiokustannukset tulevat laskemaan. Tästä jo toimivana esimerkkinä on Sampo Hietasen vuonna 2016 perustama yritys Maas Global, jonka suunnittelema sovellus Whim on ollut Helsingissä toiminnassa jo vuodesta 2017 (Salminen 2018). Audounin ja Fingerin (2018) mukaan Hietasta pidetäänkin MaaS-konseptin kehittäjänä.

4.5 MaaSin vaikutus maankäyttöön, talouteen ja ilmastoon

Perinteisesti kaupunkien haja-alueille jää vähemmän mahdollisuuksia hyödyntää julkisia kulkuneuvoja tai niistä koettava hyöty ei ole niin suurta. Useasti työmatkailussa, etenkin esikaupunkialueelta saapuvassa liikenteessä turvaudutaan yksityisautoiluun, joka puolestaan ruuhkauttaa lisää keskusta-alueita (Laakso ja Loikkanen 2004: 315-342). Vaikka automatisoitujen kulkuneuvojen ajama sosiotekninen muutos voi vaikuttaa vielä etäiseltä, välivaiheen ratkaisu voisi kaupunkiliikenteeseen löytyä MaaSista.

International Transportation Forumin (2017) Lissabonista tehdyn tutkimuksen mukaan, jos otettaisiin käyttöön MaaSin kaltainen jaetun liikkuvuuden järjestelmä, saataisiin merkittäviä hyötyjä kaupunkien päästöjen sekä ruuhkaisuuden näkökulmasta. Mallinnuksien mukaan, jos otettaisiin käyttöön kutsupohjainen, reaaliaikaisesti ohjautuva taksijärjestelmä, voitaisiin saavuttaa 55 % kokonaisvähennys kuljetuissa kaupunkikilometreissä. Tämä voisi puolestaan tuottaa jopa 63 % vähennykseen kaupunkien hiilidioksidipäästöissä. Samalla vapautuisi 95 % parkkipaikoista muuhun maankäyttöön, jolloin jäljelle jäävä 5 % parkkipaikoista jäisi taksibussien käyttöön (Transition to Shared Mobility... 2017).

MaaS:n etuna on, että se mahdollistaa jakamistalouden mallin edistämisen kaupungeissa. Jakamistalouden keskeisenä ideana on, että omistamisesta siirrytään pois, jolloin henkilökohtaiset kulkuvälineet korvautuvat yhteiskäytössä olevilla kulkuneuvoilla. Moilanen ja Niinikoski (2017) ovat sitä mieltä, että tehokkaiden palvelusovellutusten avulla vaihtoehtoiset kulkuneuvot tulevat olemaan entistä enemmän kilpailukykyisiä yksityisautoilun kanssa. Samalla ne myös tulevat helpottamaan auton omistamisesta luopumista. Linturin ja Kuusi (2018: 63) jatkavat ajatusta talouden puolelle ja osoittavat, että kun autokanta pienentyy ja kaupunkirakenne tiivistyy, MaaS-sovellutuksilla on mahdollisuus säästää valtiotaloudesta jopa 10-20 miljardia euroa vuositasolla. Suomen kokonaismittakaavassa he arvioivat muutoksen vapauttavan jopa 100 miljardia euroa.

MaaS:n jalkauttamista osaksi yhteiskuntaa voi tukea trendi, jossa nuoret ihmiset eivät ole enää niin kiinnostuneita auton hankkimisesta. Esimerkiksi Helsingissä logistisen regressioanalyysin avulla tilastoissa on huomattu, että nuorien (15-29 vuotiaiden) kiinnostus hankkia auto on selvästi vähentynyt (Helsingin seudun nuorten asenteet... 2017: 39). AirBnB:n kaltaiset sovellukset ovat jo lähes arkipäiväinen osa tietoyhteiskuntaa. Siispä MaaS:n tavoittelu vaikuttaa luonnolliselta jatkumolta edistää digitaalisia palvelumalleja. Kaupunkialueiden kilpailukyvyn näkökulmasta, MaaS voi tehdä kestävästä kehityksestä entistä vetävämmän kilpailukyvyn brändin. Missä jakamistehokkaat kaupungit voivat houkutella luovia yksilöitä luokseen.

CAV:n tavoin MaaSilla on myös mahdollisuus vaikuttaa suuresti maankäyttöön, jos parkkipaikkoja sekä yksityisautoilua voidaan merkittävästi vähentää. Moilanen ja Niinikoski (2017) uskovat, että MaaS:n seurauksena koko liikennejärjestelmän on mahdollista muuttua. Tällä tavoin välilliset vaikutukset muuttavat myös työpaikkojen sekä palveluiden saavutettavuutta (Moilanen & Niinikoski 2017: 20). Kuten jo aiemmin totesin kohdassa 3.3, saavutettavuudella on laajoja vaikutuksia maankäytön sekä markkinoiden prosesseihin (Laakso ja Loikkanen 2004: 300-301). On siis mahdollista, että koko yhdyskuntarakenne voi kaupungeissa MaaS-järjestelmien kautta muovautua uudelleen. CAV-esimerkkiin nähden MaaS tarjoaa kustannustehokkaamman ratkaisun sosiotekniselle muutokselle, missä myös pienemmät kaupungit voivat uudistaa liikennettä. Kuten tulemme huomaan kohdan 4.6 esimerkkitapauksesta paikallishallinnoilla on merkittävä rooli tämän kaltaisen liikkumisjärjestelmän

aikaansaamisessa. MaaS-järjestelmän institutionalisoituminen pitkälti riippuu yksityisten ja julkisten toimijoiden välisestä vuorovaikutteisuudesta, esimerkiksi avoimen datan suhteen.

4.6 Esimerkki MaaS:n mahdollisuuksista: Helsinki

Helsinki tavoittelee maailman parhaiten digitalisaatiota hyödyntävän kaupungin titteliä (Kaupunkistrategia 2019: 15). Erilaisia MaaS:n ratkaisuja edistääkseen, Helsingissä useat liikennepalvelujen tuottajat ovat tehneet avoimia rajapintoja datalle (Why look at smart mobility in Greater Helsinki? 2019). Rajapintojen avulla digitaalisten palvelujen tuottajat pääsevät näin käsiksi liikenteestä tuotettuun informaatioon ja voivat siten luoda erilaisia liikennepalveluja tehostavia sovelluksia. Muun muassa HSL (Helsingin Seudun Liikenne) tarjoaa avointa dataa joukkoliikenteen reiteistä, aikatauluista, kaupunkipyörillä ajetuista matkoista, isoimpien parkkipaikkojen täyttöasteesta sekä beacon -rajapinnoista (julkisiin kulkuneuvoihin asennettuja bluetooth laitteita, jotka toimivat tiedonlähetyksen 'majakoina'), joista saadaan esimerkiksi reaaliaikaista tietoa julkisen liikenteen sijainnista (Avoin data 2019).

Helsingin alueelle onkin tämän myötä ilmestynyt useita liikkumisen palvelullistamisen sovellutuksia. Näistä selvästi eniten huomiota on saanut jo aiemmin esittelemäni Maas globalin tuottama Whim-sovellus. Sovellus tarjoaa Helsingin kaupungin sekä sen kehyskuntien asukkaille tehostettua liikkumista (Whim mahdollistaa sujuvan liikkumisen... 2019). Whimin (2019) toimintaperiaate perustuu Netflixin tapaan kuukausimaksulle. Tarjolla on neljä erilaista tilausvaihtoehtoa, jotka jokainen tarjoavat erilaisen kokoonpanon eri liikkumismuotoja. Tilausvaihtoehdot on suunniteltu vastaamaan erilaisten liikkujien tarpeisiin (Valitse sinulle sopivin tilaus... 2019).

Konsulttiyritys Ramboll on tehnyt Whimpact (2019) tutkimuksen MaaS Globalin tarjoamasta, Whimin ensimmäisen käyttövuoden liikennöintidatasta Helsingin alueelta. Tutkimustulokset osoittavat, että Whim-sovelluksen avulla käyttäjät ovat huomattavasti aktiivisempia ketjuttamaan omia matkojaan. Etenkin niin kutsutun 'first/last mile' -ongelman ratkaistakseen Whimin käyttäjät ovat hyödyntäneet tehokkaammin kaupunkipyöriä (first/last mile -ongelmalla tarkoitetaan tilannetta, missä esimerkiksi julkiset kulkuvälineet eivät joko lähde matkustajan lähtöpaikan välittömästi

läheisyydestä tai vastaavasti saavu matkakohteen välittömään läheisyyteen) (Whimpact 2019: 28-31). Tutkimuksen mukaan Whimin käyttäjät myös hyödyntävät taksia 2,1 kertaa enemmän kuin tavanomainen Helsingin kansalainen. Rambollin mukaan tämä vastaa markkinarakoon, mihin julkiset kulkuvälineet eivät pysty vastaamaan. Heidän mukaansa se voi pitkällä tähtäimellä vähentää parkkipaikkojen sekä autojen lukumäärää kaupungeissa (Whimpact 2019: 32-33).

Hyvin usein on esitetty, että MaaS-järjestelmä tulee kasvattamaan autoilua. Whimpact (2019) tutkimuksessa on saatu kuitenkin selville, että ainakin Whimin kaltainen MaaS-järjestelmä tukeutuu vahvasti julkisen liikenteen toimivuuteen. Niiden käyttöaste voi tämänkaltaisten sovellutusten myötä jopa kasvaa. On kuitenkin huomioitava, että MaaS Globalin tarjoaman datan pohjalta tehty tutkimus voi olla hieman vääristynyt. Tästä Ramboll itsekin tutkimuksessa huomauttaa. Data on peräisin Whimin ensimmäiseltä käyttövuodelta, mikä tarkoittaa sitä, että sen käyttäjäkunta koostuu suurelta osin aikaisista omaksujista. Lisäksi datassa eivät näy vielä esimerkiksi jaettujen kyytien palvelut, jotka tulivat vasta tarkasteluajanjakson loppupuolella.

5. MUUTOKSEN HAASTEET JA RISKIT

5.1 Rebound-ilmiö

Uudet innovaatiot ja teknologian ripeä kehitys ovat synnyttäneet paljon kiistelyä siitä, että vähentävätkö ne vai lisäävätkö ne kulutusta. Ratkaisevatko ne joitakin pinnalla olevia ongelmia ja samalla luovat uusia toisaalle? Jo 1800-luvulla William Stanley Jevons esitteli tähän liittyen niin kutsutun Jevonsin paradoksin. Paradoksin mukaan, kun uusia tehokkaampia teknologioita syntyy, saattavat ne mahdollistaa sille myös yhä useampia käyttömuotoja. Tämän takia kulutus saattaa itseasiassa kasvaa (Alcott 2005). Jevonsin ajatuksia on erityisesti 2000-luvun nopean ICT alan kehityksen ohessa nostettu uudelleen esiin, niin kutsutun rebound-ilmiön näkökulmasta.

Graham ja Marvin (2001: 138) kuvaavat ilmiötä etätyön näkökulmasta: Vaikkakin työntekoa tehostettaisiin ICT-teknologian keinoin niin, että etätyön mahdollisuudet lisääntyvät, saatetaan liikkumiseen liittyviä kustannuksia siirtää vain toisaalle. Etätyön tekijä saattaa haluta sijoittua muualle, missä vuokratkustannukset ovat alhaisempia.

Samalla saattaa puolestaan syntyä lisäkustannuksia, jos vapaa-ajanviettomahdollisuudet tai esimerkiksi ostosmahdollisuudet siirtyvät kauemmas (Graham & Marvin 2001: 138). Toinen hyvä esimerkki teknologian kulutusrakenteen lieveilmiöstä esitellään HSL:n tekemässä tutkimuksessa: Monissa länsimaisissa tutkimuksissa on huomattu, että vaikka nuorten innokkuus ajokortin hankkimiseksi on laskenut, ovat rahankäytön kohteet siirtyneet muunlaiseen kuluttamiseen, kuten esimerkiksi matkusteluun tai tietotekniikan uusimiseen (Helsingin seudun nuorten asenteet... 2017: 25).

Tämän valossa on kuitenkin vaikeaa kieltää, etteikö esimerkiksi informaatioteknologia olisi jossain määrin vienyt yhteiskuntaamme eteenpäin tai siirtänyt kulutusta kestävämpään muotoon. Vaikkakin teknologiaan suhtaudutaan usein hyvin optimistisesti, on hyödyllistä ottaa kriittistä etäisyyttä uusien teknologioiden kohdalla, jotta liiallinen optimismi ei peitä esimerkiksi sosioteknisten muutosten kokonaisvaikutuksia. ITS-järjestelmiä kehittäessä on myös huomioitava paikalliset olosuhteet, jotta toisaalla syntyneitä ideoita ei vain dogmaattisesti implementoida, huomioimatta alueellisia lähtökohtia. Esimerkiksi suomalaisesta näkökulmasta sen perifeerinen luonne sekä pitkät välimatkat voivat koitua isoksi haasteeksi ICT:n ja liikenteen välisessä symbioosissa. Jäävätkö ITS-järjestelmien edut vain pääkaupunkiseudun hyödynnettäväksi, synnyttäen suuria alueellisia eroja?

Älykkäillä liikennejärjestelmillä on siis vielä edessään lukuisia erilaisia haasteita, joita täytyy pyrkiä huomioimaan ennen kuin sosiotekninen transitio tulee luomaan uuden valtaregiimin. On myös useita haasteita, johon on vielä vastaus löytämättä, joka johtuu ITS-järjestelmien disruptiivisesta luonteenpiirteestä. Rebound-ilmiö kuitenkin osoittaa tarpeen, että yhdyskuntasuunnittelussa olisi yhä aktiivisemmin kartoitettava teknologian lieveilmiöitä. Lieveilmiöitä voitaisiin siten esimerkiksi regulaation keinoin pyrkiä lieventämään.

5.2 Liikenteen automaatioon liittyvät haasteet

Ehkäpä suurin kysymys mikä tällä hetkellä liittyy automaatioon, on tekoälyn etiikkaan liittyvät haasteet. Klassinen esimerkki minkä usein kuulee kysyvän, on: Jos itsestään ohjautuva kulkuneuvo joutuu tilanteeseen, missä on kaksi ihmistä ja sen on välttämättä ajettava toisen ihmisen päälle, millaisen moraalisen ratkaisun kulkuneuvon tekoäly tekee?

Kysymys ei niinkään ole siitä, etteikö teknisesti tekoälyä pystyttäisi saamaan ratkaisemaan kyseisenlainen ongelma, vaan haasteena on tuottaa oikeanlainen ratkaisu. Tämän kysymyksen ja useiden muiden vastaavien ratkaisemiseksi ei tarvita pelkästään insinöörejä vaan myös filosofiä ja monia muita poikkitieteellisiä asiantuntijoita. Tämä on tarpeen, jotta voidaan kartoittaa oikeanlainen toimintaperiaate. Toisaalta on osoitettu vielä tekoälyn olevan osaltaan myös teknisesti kykenemätön vastaamaan tällaisiin kysymyksiin. Vasta uutisoitiin esimerkiksi tapauksesta Arizonassa, missä Uberin itseohjautuva auto ei tunnistanut liikennesääntöjä rikkovaa henkilöä jalankulkijaksi, vaan oli luokitellut tämän esineeksi (Parkkari 2019). Parkkarin (2019) mukaan tämä ohjelmointivirhe johti jalankulkijan kuolemaan. Linturin ja Kuusen (2018: 63) mukaan tällaisissa tilanteissa on isona haasteena selvittää, kenen kuuluisi olla vastuussa tapaturmista.

CAV:n esitetyt päästöhyödyt ovat myös hieman kyseenalaisia. Wadudin ja kumppanien (2016: 8) mukaan kulkuneuvojen kuljetut kilometrit saattavat itse asiassa kasvavaa, kun autolla liikkumisen mahdollisuus avautuu 'ajokyvyttömille'. Lisäksi kulkuneuvojen laskevien yksikkökustannusten takia yksityisauton omistajuus voi tulla ajan mittaan edullisemmaksi. Vaikka kuljetut yksikkökilometrit kasvaisivat, on kuitenkin vielä epäselvää ovatko kollektiiviset nettopäästöt lopulta pienempiä.

Vähäinen halukkuus ja kiinnostus automatisoituja kulkuneuvoja kohtaan voi jo itsessään hidastaa valtaregiimin murtumista. Jolloin muutos voi jäädä tapahtumatta. Erityisesti suomalaisessa kontekstissa, missä autokannan on todistettu eurooppalaisella tasolla uusiutuvan keskiarvoa hitaammin (Henkilöautojen keski-ikä 2019). Linturin ja Kuusen (2018: 64) mukaan kotitalouksien haluttomuus tehdä suuria investointeja automatisoituihin kulkuneuvoihin voi lieventää muuttuvasta toimintaympäristöstä syntyvää painetta.

Yksi oletetuista rebound-ilmiön vaikutteista on automatisoiduissa kulkuneuvoissa odotettu kohdistuvan esimerkiksi työpaikkoihin (Fagnant & Kockelman 2015: 175). Liikennealan työpaikat, kuten yhdistelmäajoneuvojen kuljettajat ja taksikuskit saattavat menettää työpaikkansa. Toisaalta, todennäköistä on, että samalla uusia työpaikkoja syntyy automatisoituvien liikennejärjestelmien koordinointiin tai ohjelmointiin liittyen.

Myös huonosti järjestelmien uudistumista tukeva lainsäädäntö voi isossa kuvassa olla ongelma. Kuten liikenne- ja viestintäministeriön julkaisussa (Älyä liikenteeseen... 2013: 13) todetaan: Suomen markkinat ovat melko suppeat ja kotimainen pieniluonteinen kysyntä ei välttämättä kata kaikkia älyliikenteen kehitys- ja tuotantokustannuksia. Peilaten tähän, kohdassa 4.5 tarkastelin esimerkkiä Alankomaista, missä lainsäädäntö sekä yleinen menettelyprosessi autonomisten kulkuneuvojen kokeilujen aikaansaamiseksi on todettu edistyneeksi. Tämän seurauksena alankomaissa monet monikansalliset organisaatiot, jotka toimivat liikenteen teollisella sektorilla ovat osallistuneet julkisten hankkeiden investointeihin, sillä ne ovat halunneet sijoittaa 'testausalustansa' (ITS in the Netherlands 2017: 21). Tästä oletettavasti on saatu lisäpotkua julkisiin investointeihin. Tällainen voisi myös Suomen markkinoiden pienessä mittakaavassa olla merkittävää. Linturin ja Kuusen (2018: 64) mukaan kuitenkin regulaatioympäristö Suomessa palvelee ensikädessä nykyistä liikenteen valtaregiimiä. Tämäkin saattaa osaltaan lieventää valtaregiimiin kohdistuvaa painetta paikallisella tasolla.

Suomalaisen kaupunkiliikenteen toimintaympäristössä myös erityisen haasteen asettavat sääolosuhteet. CAV -liikenteen vaatimat ODD-olosuhteet, jotka autonvalmistajat asettavat ovat tässä mielessä tärkeitä. Pohjoisen ulottuvuuden haasteellisten sääolosuhteiden kartoittaminen erilaisiksi ODD-toimintaympäristöiksi voi olla autonvalmistajien näkökulmasta tärkeysjärjestyksen häntäpäässä.

5.3 MaaS-konseptin haasteet

MaaSin isoimmat haasteet liittyvät paradoksiin, missä yksityisen sektorin liikennepalveluntarjoajien päätehtävä on maksimoida tuottoja (Docherty ym. 2018: 119). Toisin sanoen, yksityisen sektorin motiivi on maksimoida kulutus, jotta tuotot voidaan maksimoida. Tämän vuoksi rebound-ilmiön ympäristöön kohdistuvat kustannukset saattavat olla suuria. Samalla voidaan aiheuttaa kaupunkialueilla tahatonta sosiaalista syrjintää. Normaalisti julkisten liikennejärjestelmien taustalla ovat valtio sekä paikallishallinnot. Jos liikennepalvelut ovat yksityisten organisaatioiden sanelemia, kasautuvatko palvelut alueille, missä tuottomahdollisuudet ovat suurimpia? MaaSin riskinä onkin, että samalla kun se haastaa perinteistä autoilun valtaregiimiä, se voi

uudenlaisen dynamiikkansa ansiosta tehdä laajoja muutoksia perinteisesti julkisten liikennemuotojen toimintaympäristöön. Huolenaihe nostettiin myös Rambollin Whimprint (2019) raportissa esille.

Usein myös laskelmat MaaS palveluista ovat liian optimistisia, kuten kohdan 4.6 international transportation forumin Lissabonin mallinnuksissa. Mallinnus on toteutettu näkökulmasta, jossa yksityisten autojen käyttö on eliminoitu lähes kokonaan. Jos ajatellaan MaaS:n realistista käyttöönottoa, ei yksityisautoilua voida heti täysin poistaa kuvioista. Esimerkiksi Alankomaissa tehdyissä kyselytutkimuksissa on selvinnyt, että vanhemmat ihmiset ovat paljon vastahakoisempia kulkuneuvojen jakamisen sekä teknologiatuetun liikkumisen suhteen (Zijlstra ym. 2019: 24-31). Dochertyn ja kumppanien (2018: 119) mukaan laskelmat on hyvin usein myös toteutettu skenaarista, missä on vain yksi järjestelmän tuottaja. Helsingissäkin on Whimin lisäksi useampi vastaava palveluntuottaja. Näin markkina sirpaloituu ja tehokkuusperiaate voi heikentyä.

Vaikka Helsingissä vaikuttaa olevan onnistunut julkisten ja yksityisten toimijoiden välinen avoimen datan jakamissopimus, on silti haastavaa sovittaa yksityisten ja julkisten toimijoiden intressejä. MaaS:n näkökulmasta valtaregiimiin kohdistuvaa painetta voi lieventää suomalaisessa kontekstissa, jotkin alueelliset ogliopoliasemassa olevat liikkumispalveluiden tuottajat. Tuottajat saattavat olla vastahakoisia uusien innovaatioiden mahdollisuuksia kohtaan ja saattavat isommalla markkinaosuudella pitää tulokkaita poissa (Robotiikan taustaselvityksiä 2016: 85).

5.4 Tietoturva

Tietoyhteiskunnan aikana informaation luonteenmuutoksen takia, tiedon turvallisuuteen on alettu kiinnittää enemmän huomiota. Kuten Docherty ja kumppanit (2018: 121) esittävät, data on myös ITS-järjestelmien arvokkain hyödyke. Esineiden internetin ja big datan myötä arkipäivän teknologiset objektit, jotka kytkeytyvät erilaisiin verkostoihin tulevat olemaan entistä enemmän tietoturvariskejä. Atzorian ja kumppanien (2010: 2801) mukaan ihmiset tulevat vastustamaan IoT:n konseptia niin kauan kunnes voidaan olla varmoja siitä, että siihen ei liity riskejä yksityisyydelle. Saman voidaan katsoa pätevän myös IoV:n kohdalla. Tällaisten verkostoihin kytkeytyneiden objektien, kuten CAV-kulkuneuvojen kohdalla on koettu riskiksi erilaisten kyberhyökkäyksien mahdollisuus,

missä uhkakuvana on näiden hyökkäyksien lamaannuttama ajojärjestelmä. Atzorin ja kumppanien (2010: 2801) mukaan suurin osa kommunikoinnista tapahtuu verkostossa langattomasti, joten niiden 'salakuuntelu' on teoriassa helppoa. He myös huomauttavat, että osa etenkin pienemmistä sensoreista, jotka ovat kytkeytyneenä verkkoon eivät omaa komponentteja, joiden avulla voitaisiin tehdä monimutkaisia turvallisuustoimenpiteitä. Tämän voidaan ajatella pätevän myös MaaS-järjestelmiin, sillä sovellutuksen hyödyntämä avoin data perustuu CAV:n tavoin verkottuneihin sensoreihin.

Kuten liikenne ja viestintäministeriön kehittämisohjelmassa mainitaan: ”Ainoastaan turvallisesti toteutetut ratkaisut varmistavat kuluttajien luottamuksen automatisoituihin ratkaisuihin. Tietoturva, tietosuoja ja häiriönsieto tulee varmistaa niin liikennevälineiden toimintaa ohjaavissa ohjelmistoissa, niiden välittämässä ja keräämässä tiedoissa kuin koko automaattisen liikenteen viestintäinfrastruktuurissa.” (Liikenteen automaation ja robotiikan kehittämis... 2017: 4).

6. POHDINTA

Palatakseni johdannossa esitettyihin tutkimuskysymyksiin, kohdassa 3. esittelin Geelsin (2002; 2004; 2011) monitasoisen muutoksen mallin. Voin nyt tunnistaa sen kolmen eri tason elementit ja pohtia sitä onko sosiotekninen muutos tapahtumassa. Samalla pyrin nostamaan esille, mitä tulisi muutoksen aikana pyrkiä huomioimaan.

Muuttuvasta toimintaympäristöstä (*Landscape*) on alkanut kasvattaa valtaregiimiin (*socio-technical regime*) kohdistuvaa painetta ilmastotietoisuuden-, taloudellisen kasvun- ja tehokkuuden-, turvallisuuden- sekä kaupunkien kilpailukyvyn näkökulmista. Osaksi syy tähän kasvaneeseen paineeseen on liikennettä pitkään hallinnoineen perinteisen autoilun valtaregiimin sisältämät tehottomuuden ongelmat, jotka korostuvat kaupunkialueiden tiivistyessä. Nousevina innovaatioina haastajaregiimin (*niche innovations*) älykkäät liikennejärjestelmät, kuten MaaS sekä CAV ovat nyt haastamassa perinteistä valtaregiimiä. Tämän lisäksi olen tunnistanut erilaisia haasteita, mitkä voivat hidastaa sosioteknistä muutosprosessia.

CAV esittää mielenkiintoisen vaihtoehdon perinteiselle autoilun valtaregiimille sen lisätyn liikkuvuutensa ansiosta. Koen kuitenkin, että sen sisältämät haasteet ovat

toistaiseksi liian mittavia liikenteen järjestelmätasolla sekä esimerkiksi suomalaisen kaupunkiliikenteen tasolla, jotta haastajaregiimi voisi lähivuosina murtaa valtaregiimin. Greenblattin ja Shaheenin (2015) mukaan kaikki suurimmat autonvalmistajat ovat kuitenkin ilmoittaneet valmistavansa automatisoituja kulkuneuvoja. He esittävät näkemyksen, jonka mukaan 75 % henkilöautoista vuoteen 2035 mennessä kykenevät tietyissä ODD-ympäristöissä ajamaan itsenäisesti. Autonvalmistajien näkökulmasta aikaikkuna voi olla mahdollinen, mutta sen ajamaa laajamittaista sosioteknistä muutosta itse liikenteessä vuoteen 2035 mennessä pidän mahdottomuutena. Esimerkiksi Suomessa, jossa autokanta uudistuu keskivertoa hitaammin, voi tällaista toteutumisastetta olla vaikeaa saavuttaa. Jotkut ihmiset voivat kokea omatoimisen ajamisen arvona, joka on juurtunut syvälle kulttuuriin. Tämän lisäksi toisiinsa kytkeytyvien kulkuneuvojen mahdollistaminen vaatii paikallisella kaupunkitasolla sekä kansallisella tasolla suuria investointeja uudenlaisen infrastruktuurin luomiseen. Toisaalta myös suomalaisen hajautetun aluerakenteen takia tarvitaan lisätutkimusta siitä, miten liikenteen automaatio voidaan toteuttaa sosiaalisesti kestävästi. Ilman, että sen hyödyt ODD-toimintaympäristöjen kautta kasautuvat vain yhteen paikkaan. Itsestään ohjautuvien autojen eettisyyden ja tietoturvan haasteita on pohdittava ja poliittisella tasolla on muodostettava selkeä vastuunkannon järjestelmä, minkä avulla voidaan minimoida Arizonassa tapahtuneen Uber kulkuneuvon kaltaiset onnettomuudet. Sen lisäksi on varmistettava turvallisuus kyberhyökkäyksiltä.

Näen kuitenkin automatisoidut kulkuneuvot pitkällä tähtäimellä tavoittelemisen arvoisena haastajana valtaregiimille. Sillä esimerkiksi lentoliikenteessä automaatio on jo rutiininomaista. Lainsäädäntöä sekä liikenteen järjestelmässä toimivia valtioiden instituutioiden toimintaperiaatteita olisi kehitettävä sekä uusittava adaptiivisempaan muotoon. Näin Alankomaiden tapaan voitaisiin saada kannustettua julkisten ja yksityisen toimijoiden yhteisiä kokeiluhankkeita. Samalla voitaisiin saada kehitettyä autonvalmistajien ODD-ympäristöjä pohjoisen ulottuvuuden haasteellisista sääolosuhteista.

Vaikka suomalaisen kaupunkiliikenteen toimintaympäristö voi esittää joitakin lisähaasteita CAV:n suhteen, on myös mahdollisuuksiakin. Suomi on nähty perinteisesti ICT osaajavaltiona, jonka takia en myöskään ihmettele minkä vuoksi MaaS:n kaltainen

ilmiö on saanut alkunsa Helsingistä. Näen että paikallinen osaaminen voisi tulevaisuudessa edistää ODD-olosuhteita sekä esimerkiksi vahvistaa automatisoitua tieverkostojen sekä kaupunkialueiden talvikunnossapitoa, jonka on perinteisesti nähty toimivan Suomessa hyvin. Tästä osaamisesta voitaisiin tehdä automaation kautta 'vientituote' maailmalle.

Sen sijaan katson MaaS:in olevan huomattavasti potentiaalisempi lähivuosien haastaja perinteiselle kaupunkiliikenteen valtaregiimille. Kaupunkiympäristöjen tiivistyessä MaaS voi toimia eräänlaisena välivaiheen ratkaisuna kohti liikenteen suurempaa automaatiota. Näin hiljattain alamme hyödyntämään jakamistalouden mallia tehokkaammin. Se missä CAV vielä toistaiseksi peilautuu huonosti tietoyhteiskunnan immateriaalisiin kehyksiin, MaaS voidaan katsoa soveltuvan kehyksiin paremmin. MaaS:in malli voi edesauttaa kestävämmän kulutuksen periaatteita kulttuurissamme, kaupunkiliikenteen kautta. Näin voi olla, että lopulta automaation yleistyessä on mahdollista lieventää sen rebound-ilmiöstä koituvaa kuljettujen kilometrien kasvua, kun kulttuurissamme kulkuneuvoja jo valmiiksi jaetaan aktiivisemmin.

Toisin kuin CAV:n tapauksessa, MaaS:in kyberturvallisuus ei aseta välittömiä terveydellisiä uhkia, missä kulkuneuvo voitaisiin esimerkiksi 'kaapata'. Kuten Rambollin whimpact (2019) raportissa mainittiin, Whimin tapauksessa on otettu merkittäviä askeleita turvataksaan järjestelmän tietoturvallisuus. MaaS ei kuitenkaan ole ongelmaton. Erityisesti Dochertyn (2018) mainitsema paradoksi, missä taustalla yksityisen sektorin liikennepalvelujen tarjoajien päätehtävä on maksimoida tuottoja voi sosioteknisen muutoksen kannalta osoittautua haasteelliseksi. Tähän voidaan etsiä kuitenkin kestävämpiä ratkaisumalleja missä paikallishallinnot ovat vuorovaikutteisessa roolissa liikennepalveluiden tuottajien kanssa. On kuitenkin huolehdittava, että paikallishallintojen resurssit riittävät kanavoida ja reguloida kaupunkien tarjoamaa avointa liikennedatata niin, ettei isojen kansainvälisten toimijoiden operoimat digitaaliset palvelumallit riistäydy käsistä. Pitää näitä organisaatioita ikään kuin informaatiovelvollisina vastineeksi avointa liikennedatata kohtaan.

MaaS voi olla työkalu millä edistetään kaupunkisuunnittelua ja liikkumista kestävämpään jakamistalouden suuntaan. Se voi olla kilpailukyvyyn valtti, jolla edistetään kaupunkien

’brändiä’. Samalla sen on tarkoitus kannustaa keskusta-alueita ruuhkauttavasta yksityisautoilusta luopumista. Kun julkiset kulkuneuvot ovat järjestelmän selkäranka, voidaan sen puutteita paikata MaaS:n avulla helposti. Samalla kaupungit saavat valmiudet vähentää päästöjä merkittävästi sekä myös muovata maankäyttöä tehokkaammaksi. MaaS:n toimintamallia voitaisiin pyrkiä hyödyntämään big datan avulla myös hajautetuimmilla alueilla, mikä on suomalaisen kaupunkiliikenteen näkökulmasta olennaista. Pidän myös mahdollisena, että MaaS-konseptin kautta voitaisiin saada aikaiseksi erilaisia tulonsiirron mekanismeja. Suurilla kaupunkialueilla, joissa MaaS-järjestelmien käyttöaste voi tulevaisuudessa olla suurta, voitaisiin periä suurempaa maksua. Näillä suuremmilla maksuilla voitaisiin tukea syrjäisempien alueiden jakamistaloutta kilpailukykyisemmäksi.

Vaikuttaa siltä, että osaksi MaaS-järjestelmien kaltainen älykkäiden liikennejärjestelmien haastajaregiimi on jo alkanut vaikuttaa valtaregiimin sisältämiin arvoihin. Muutos on jo havaittavissa esimerkiksi siitä, että lainsäädäntöä on Suomessa muutettu, jotta MaaS:n kaltaisia palvelumalleja voitaisiin edesauttaa (esim. Liikennepalvelulain viimeinen vaihe... 2019). Digitaaliset palvelumallit kuten Airbnb ja Netflix ovat jo lähes arkinen osa kulttuuriamme, sikäli MaaS sopii malliltaan sen joukkoon hyvin. MaaS:n kaltaisten tehostetun ja jaetun liikkuvuuden ilmiöitä on alkanut Suomessa ilmaantua myös muualle. Monesta suomalaisesta kaupungista löytyvät nykyään kaupunkipyörät, jotka ovat RFID-siruilla varustetuilla matkakorteilla yhdistetty paikallisten julkisten kulkuneuvojen kanssa yhdeksi käyttöliittymäksi. Näenkin, että tulevaisuudessa järjestelmä digitalisoituu tällaisten liikkumisjärjestelmien ympärillä entistä enemmän. Nähtäväksi kuitenkin jää, millaiset sen vaikutukset ovat pitkällä tähtäimellä. Saako ilmiö tuulta alleen ja onnistutaanko yksityisautoilua vähentämään merkittävästi. Liikenteen sosiotekninen muutos ei tule kuitenkaan rakentumaan pelkästään MaaS:n tai CAV:n ohjaamana. Matkan varrella varmasti nousee myös uusia innovatiivisia ratkaisuja. Koen kuitenkin, että kaupunkialueiden kehityksessä tietoyhteiskunnan immateriaalisia hyödykkeitä, kuten big dataa ja esineiden internetiä tullaan hyödyntämään entistä enemmän yhä monipuolisempien sovellutusten avulla. Näin kaupunkien yhdyskuntarakenne tulee liikenteen kautta hiljattain muovautumaan uudelleen.

6.1 Uudenlaista yhdyskuntasuunnittelua

Rebound-ilmiö osoittaa, että sosioteknisten muutosprosessien aikana tulisi kiinnittää enemmän huomiota teknologioiden lieveilmiöihin. Kuten tutkielman alussa jo mainitsin, usein yhdyskuntasuunnittelussa on ongelmana, että esimerkiksi kaupunkialueita suunnitellaan liian teknologiavetoisesti. Tai suunnittelussa ei täysin ymmärretä teknologiaa, jolloin ei voida kartoittaa kaikkia sen vaikutusalueita. Esimerkiksi ilmastonmuutoksen kaltaista ongelmaa ei voida ratkaista pelkillä uusilla teknologisilla innovaatioilla, vaan lopussa ratkaisu lähtee ihmisestä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö teknologia voisi ajaa kulutusta kestävämpään kiertotalouden malliin tai tarjoaisi hyödyllisiä työkaluja vähentää päästöjä.

Voi olla, että myös rebound-ilmiön vaikutuksia liioitellaan. Joidenkin laskelmien mukaan uusien teknologioiden lieveilmiöiden nettovaikutus päästöihin on lopulta pienempi, vaikka kysyntä kasvaa toisaalla (esim. Gillingham ym. 2013). Tämä kuitenkin osoittaa, että lieveilmiöiden skenaarioita tulisi suunnittelussa aktiivisesti pyrkiä kartoittamaan. Sillä nettovaikutuksetkin ovat varmasti hyvin kontekstiriippuvaisia. Esimerkiksi kohdassa 4.5 missä esittelin Linturin ja Kuusen arvion siitä, miten MaaS voi vapauttaa jopa 100 miljardia euroa vuositasolla liikenteen järjestelmästä. Mihin tuo 100 miljardia euroa käytetään, määrittelee pitkälti myös rebound-ilmiön mittavuutta.

6.2 Jatkotutkimus

Kandidaatin tutkielman teko on ollut opettava kokemus. Olen oppinut liikenteen tulevaisuuteen liittyvistä trendeistä paljon. Tutkielman aikana on noussut esille, että älykkäiden liikennejärjestelmien yhteiskunnallisista konteksteista riittää vielä paljon tutkimattomia aihepiirejä. Mielenkiintoisia jatkotutkimusaiheita pro gradu -tutkielmaa ajatellen nousikin tämän kirjoitusprosessin aikana useita. Tutkielmassani keskityin lähinnä kaupunkialueiden liikenteeseen, mutta uskon ICT-teknologian sekä liikenteen välille muodostuvista symbiooseista olevan hyötyjä myös kaupunkien ulkopuolella. Siispä voisin jatkossa mahdollisesti perehtyä taajama-alueiden ulkopuolella hyödynnettävän älyliikenteen mahdollisuuksiin. Tutkielman aikana on noussut esille, että älyliikenteellä voi olla iso vaikutus segregaatioon tai sosiaaliseen eriarvoistumiseen. Tästä tarvitaan selvästi lisätutkimusta. Alankomaiden lainsäädäntö sekä

menettelyprosessi automatisoitujen kulkuneuvojen kokeilujen suhteen oli mielestäni erittäin mielenkiintoista luettavaa. Jäinkin pitkäksi aikaa pohtimaan mikä mahtaa olla tällaisen järjestelmän niin kutsuttu 'first mover advantage'. Jatkossa voisinkin perehtyä siihen, miten julkisten hankkeiden rahoitusta voitaisiin tällaisella innovaatioiden rohkealla omaksumisella edistää.

LÄHTEET

- Abel, J. R. & R. Deitz (2012). Do colleges and universities increase their region's human capital? *Journal of Economic Geography* 12, 667-691
- About RDW (2018). Rijksdienst voor het Wegverkeer. < <https://www.rdw.nl/over-rdw/information-in-english/about-rdw>> 07.11.2019.
- Admittance procedure connected automated vehicle. Rijksdienst voor het Wegverkeer. < <https://www.rdw.nl/over-rdw/information-in-english/intelligent-transport-system/admittance-procedure-its>>
- Ahlqvist, T., & Moision, S. (2014). Neoliberalisation in a nordic state: From cartel polity towards a corporate polity in finland. *New Political Economy* 19 (1), 21-55.
- Alcott, B. (2005). Jevons' paradox. *Ecological Economics*, 54, 9-21
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54 (15), 2787-2805.
- Audouin, M. & M. Finger (2018). The development of Mobility-as-a-Service in the Helsinki metropolitan area: A multi-level governance analysis. *Research in Transportation Business & Management*, 27, 24-35.
- Autonomous vehicles readiness index (2018). KPMG International. <<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/nl/pdf/2018/sector/automotive/autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>> 07.11.2019.
- Avoindata (2019). Helsingin seudun liikenne. <<https://www.hsl.fi/avoindata>> 09.11.2019.
- Bannister, D. & J. Berechman (2003). *Transport investment and economic development*. s. 370. UCL Press, London.
- Birch, E. L., & Wachter, S. M. (2011). *Global urbanization*. 384 s. University of Pennsylvania Press.
- Docherty, I., Marsden, G., & Anable, J. (2018). The governance of smart mobility. *Transportation Research Part A*, 115, 114-125.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/40/EU (2010). Tieliikenteen älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönoton sekä tieliikenteen ja muiden liikennemuotojen rajapintojen puitteista. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0040&from=EN>> 01.11.2019.
- Experiments on autonomous and automated driving: an overview (2015). Algemene Nederlandse Wielrijdersbond. <https://www.anwb.nl/binaries/content/assets/anwb/pdf/over-anwb/persdienst/rapport_inventarisatie_zelfrijdende_auto.pdf> 07.11.2019
- Fagnant D. J. & K. Kockelman (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A* (77), s. 167-181.
- Gandomi, A. & M. Haider (2014). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*. (35), s.137-144.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31, s. 1257-1274.

- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33 (6-7), 897-920.
- Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1 (1), 24-40.
- George, G., Haas, M. R., & Pentland, A. (2014). Big data and management. *Academy of Management Journal*, 57 (2), 321-326.
- Graham, S. & S. Marvin (2001). Urban Futures? Integrating Telecommunications into Urban Planning. *Teoksessa Madanipour, A., A. Hull & P. Healey (toim.): The Governance of Place*, 124-151, Ashgate Publishing Company, Burlington.
- Greenblatt, JB. & S. Shaheen (2015). Automated Vehicles, On-Demand Mobility, and Environmental Impacts. *Current Sustainable Renewable Energy Reports*, 2, 74-81.
- Gillingham, K., M. J., Kotchen, D. S. Rapson & G. Wagner (2013). The rebound effect is overplayed. *Nature*, 476.
- Hallituksen toimintasuunnitelma: Osallistava ja osaava suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta (2019). Valtioneuvos. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161823/Hallituksen_toimintasuunnitelma.pdf?sequence=4&isAllowed=y> 17.11.2019 .
- Haboucha, C. J., R. Ishaq & Y. Shiftan (2017). User preferences regarding autonomous vehicles. *Transportation Research Part C*, 78, 37-49.
- Henkilöautojen keski-ikä (2019). Traficom. <<https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/henkiloautot/keski-ika>> 18.11.2019.
- Hietanen, S. (2014). Mobility as a service. The New Transport Model, Forum Virium Helsinki. <<https://www.itscanada.ca/files/MaaS%20Canada%20by%20Sampo%20Hietanen%20and%20Sami%20Sahala.pdf>> 24.10.2019.
- Helsingin seudun nuorten asenteet ajokortin ja auton omistusta kohtaan: Tuloksia vuoden 2016 Nuorisobarometrista (2017). Helsingin seudun liikenne. <https://www.hsl.fi/sites/default/files/13_2017_helsingin_seudun_nuorten_asenteet_ajokortin_ja_auton_omistusta_kohtaan.pdf> 16.11.2019.
- IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (2019). IEEE Xplore. <<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=6979>> 01.11.2019
- ITS in the Netherlands (2017). Ministerie van Infrastructuur en Milieu. <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2018_nl_its_progress_report_2017.pdf> 07.11.2019.
- Jittrapirom, P., Caiati, V., Feneri, A., Ebrahimigharehbaghi, S., Alonso González, M. J., & Narayan, J. (2017). Mobility as a service: A critical review of definitions, assessments of schemes, and key challenges. *Urban Planning*, 2 (2), 13-25.
- J3016 SAE – Surface vehicle recommended practice (2018). SAE international. <<https://webstore.ansi.org/Standards/SAE/SAE30162018?source=blog>> 04.11.2019
- Kohti uutta liikennepolitiikkaa – Älyä liikenteeseen ja viisautta liikkujille – Toisen sukupolven älystrategia liikenteelle (2013). Liikenne- ja viestintäministeriön ohjelmia ja strategioita 1/2013. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/77969/%C3%84ly%C3%A4_liikenteeseen_ja_viisautta_liikkujille_Toisen_sukupolven_alystrategia.pdf> 01.11.2019.

- Koistinen, A. (2019). Taloustutkijoiden teholääke autoilun päästöihin: Bensan ja dieselin myynti pantava kortille – "Halvempi keino kuin mikään muu". Yle Uutiset. <<https://yle.fi/uutiset/3-11014590>> 30.10.2019.
- Laakso, S. & H.A. Loikkanen (2004). *Kaupunkitalous – Johdatus kaupungistumiseen, kaupunkien maankäyttöön sekä yritysten ja kotitalouksien sijoittumiseen*. 472 s. Gaudeamus Kirja, Helsinki.
- Laney, D. (2001). Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety. META Group inc. <<https://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>> 30.10.2019.
- Long, S. (2013). *Socioanalytic Methods: Discovering the Hidden in Organisations and Social Systems*. 352 s. Karnac Books, London.
- Liikennepalvelulain viimeinen vaihe päätökseen (2019). Eduskunta. <<https://www.eduskunta.fi/FI/tiedotteet/Sivut/Liikennepalvelulain-viimeinen-vaihe.aspx>> 21.11.2019.
- Liikenteen automatisaation ja robotiikan kehittämistoimenpiteiden tiekartta 2017-2019 (2017). Liikenne- ja viestintäministeriö. <<http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79868/10-2017%20Liikenteen%20automaation%20ja%20robotiikan%20kehittamistoimenpiteiden%20tiekartta%202017-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> 03.11.2019.
- Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ja energiankulutus. (2019). Traficom. <https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/paastot_ja_energiankulutus> 16.10.2019.
- Linturi, R., & O. Kuusi (2018). Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037. Eduskunnan Tulevaisuusvaliokunnan Julkaisu. <https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/tuvj_1%2B2018.pdf> 19.10.2019.
- Lombardi, P., S. Giordano, H. Farouh & W. Yousef. (2012). Modelling the smart city performance. *Innovation - The European Journal of Social Science Research*, 25 (2), 137-149.
- Lu, N., Cheng, N., Zhang, N., Shen, X., & Mark, J. W. (2014). Connected vehicles: Solutions and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 1 (4), 289-299.
- Moilanen, P. & M. Niinikoski (2017). Valtakunnallisten liikenne-ennusteiden kehittämisselvitys. Liikennevirasto (nykyisin Väylävirasto). <https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-57_valtakunnalliset_liikenne-ennusteet_web.pdf> 06.11.2019.
- Nieminen, M., V. Valovirta & A. Pelkonen (2011). Systemiset innovaatiot ja sosiotekninen muutos. VTT Oy. <<https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2593.pdf>> 17.11.2019.
- Number of vehicles in use worldwide 2006-2015 (2018). Statista <<https://www.statista.com/statistics/281134/number-of-vehicles-in-use-worldwide/>> 12.11.2019.
- Parkkari, J. (2019). USA:n viranomaiset: Itseohjautuva auto ei tunnistanut jalankulkijaa, koska tämä rikkoi liikennesääntöjä. Yle uutiset. <<https://yle.fi/uutiset/3-11053759>> 17.11.2019.

- Pavone, M (2015). Autonomous Mobility-on-Demand Systems for Future Urban Mobility. *Teoksessa* Maurer, M., J. C. Gerdes, B. Lenz, H. Winner (toim.): *Autonomous Driving – Technical, Legal and Social Aspects*. 388-402. Daimler und Benz-Stiftung, Ladenburg.
- Pantsu, P. (2019). Kysely: Enemmistö haluaa valtion hidastavan kaupungistumista – naiset miehiä enemmän, aluetutkijan mukaan tulos kertoo alueiden kustosta. Yle uutiset. <<https://yle.fi/uutiset/3-11020767>> 17.10.2019
- Pucher, J. & L. Dijkstra (2003). Promoting Safe Walking and Cycling to Improve Public Health: Lessons From the Netherlands and Germany. *American journal of public health*, 93 (9), 1509-1515.
- Rodrigue, J-P., C. Claude & B. Slack (2017). *The geography of transportation systems*. 4.p. 439 s. Routledge, New York.
- Robotiikan taustaselvityksiä (2016). Liikenne- ja viestintäministeriö. <<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/64936/Julkaisuja%202-2016.pdf?sequence=1>> 11.11.2019.
- Salminen, R. (2018). Mikä ihmeen whim? – uusi palvelu yhdistää bussit, taksit, kaupunkipyörät ja vuokra-autot yhden klikkauksen alle, mutta väheneekö yksityisautoilu? Yle Uutiset <<https://yle.fi/uutiset/3-10171507>> 20.10.2019.
- Shockwave Traffic Jams A58: Results and lessons learned (2017). Province of Noord-Brabant. <<http://www.spookfiles.nl/sites/www.spookfiles.nl/files/documenten/para-plurapportagespookfilesa58-def-engels.pdf>> 16.11.2019.
- Suomen virallinen tilasto (SVT) (2017). Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2017. Tilastokeskus, Helsinki. <http://www.stat.fi/til/khki/2017/khki_2017_2018-05-24_kat_001_fi.html> 16.10.2019.
- Toole, J. L., Colak, S., Sturt, B., Alexander, L. P., Evsukoff, A., & González, M. C. (2015). The path most traveled: Travel demand estimation using big data resources. *Transportation Research Part C*, 58, 162-177.
- Townsend, A. (2013). *Smart Cities: Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*. W. W. Norton & Company, New York.
- Transition to shared mobility – How large cities can deliver inclusive transport services (2017). International Transport Forum. <<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/transition-shared-mobility.pdf>> 06.11.2019.
- Yli-Tuomi, T., P. Aarnio, L. Pirjola, T. Mäkelä, R. Hillamo & M. Jantunen. (2005). Emissions of fine particles, NOx, and CO from on-road vehicles in Finland. *Atmospheric environment*. 39, 6696-6706.
- Valitse sinulle sopivin tilaus. MaaS Global (2019). <<https://whimapp.com/fi/tilaus/>> 10.11.2019.
- Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko: Kestävällä kasvulla hyvinvointia. (2014). Tulevaisuusvaliokunnan mietintö. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/mietinto/Documents/tuvm_1+2014.pdf> 19.10.2019.
- Wadud, Z., D. MacKenzie & P. Leiby (2016). Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. *Transportation Research Part A*, 86, 1-18.

- Want, R., B. N. Schilit & S. Jenson (2015). Enabling the internet of things. *Computer*, (1), 28-35.
- Webster, F (2006). *Theories of the information Society*. 3. p. 303 s. Routledge, New York
- Whim mahdollistaa sujuvan liikkumisen nyt myös Helsingin seudun kehyskuntien asukkaille (2019). MaaS Global. < <https://whimapp.com/fi/whim-mahdollistaa-sujuvan-liikkumisen-nyt-myos-helsingin-seudun-kehyskuntien-asukkaille/>> 10.11.2019.
- Whim: Insights from the world's first Mobility-as-a-Service (MaaS) system (2019). Ramboll. < https://ramboll.com/-/media/files/rfi/publications/Ramboll_whim-2019.pdf> 16.11.2019.
- Why look at smart mobility in Greater Helsinki? (2019). Helsinki business hub. <<https://www.helsinkibusinesshub.fi/smart-mobility/#integrated-mobility>> 09.11.2019.
- Yang, F., S. Wang, J. Li, Z. Liu & Q. Qibo (2014). An Overview of Internet of Vehicles. *China communications*, 11(10) 1-15.
- Zijlstra, T., A. Durand, S. Hoogendoorn-Lanser & L. Harms (2019). Promising groups for mobility-as-a-service in the netherlands. Ministry of Infrastructure and Water management. <<https://english.kimnet.nl/binaries/kimnet-english/documents/documents-research-publications/2019/08/15/promising-groups-for-mobility-as-a-service-in-the-netherlands/Promising+groups+for+Mobility-as-a-Service+in+the+Netherlands-PDF-A.pdf>> 09.11.2019.
- Älykäs kaupunki - Smart city. katsaus fiksuihin palveluihin ja mahdollisuuksiin. (2014). Liikenne- Ja viestintäministeriön julkaisuja 12/2014. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/77892/Julkaisuja_12-2014.pdf> 20.10.2019.